

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-219677
(P2002-219677A)

(43) 公開日 平成14年8月6日 (2002.8.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
B 2 5 J 13/00		B 2 5 J 13/00	Z 2 C 1 5 0
A 6 3 H 11/00		A 6 3 H 11/00	Z 3 C 0 0 7
B 2 5 J 5/00		B 2 5 J 5/00	C 5 D 0 1 5
G 1 0 L 15/00		G 1 0 L 3/00	5 5 1 H

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2001-317315(P2001-317315)
(22) 出願日 平成13年10月15日 (2001. 10. 15)
(31) 優先権主張番号 特願2000-314524(P2000-314524)
(32) 優先日 平成12年10月13日 (2000. 10. 13)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72) 発明者 藤田 雅博
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(72) 発明者 高木 剛
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(74) 代理人 100067736
弁理士 小池 晃 (外2名)

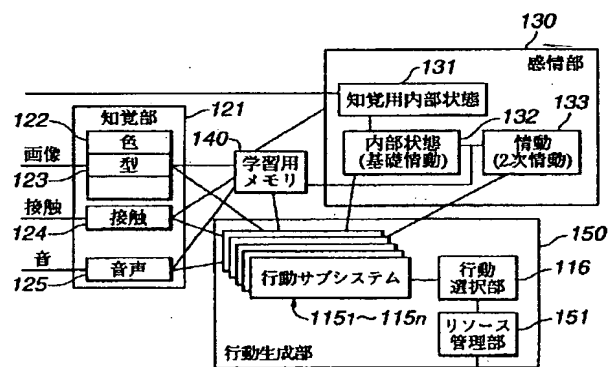
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット装置及びロボット装置の行動制御方法

(57) 【要約】

【課題】 自律行動において情報獲得のための行動を表出する。

【解決手段】 ロボット装置は、知覚部120によって取得した情報等に基づいて、感情部130における情動等を変化させることにより、自律行動として情報獲得の行動を表出させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 自律行動するロボット装置であって、自律行動の一行動として情報獲得行動をさせる行動制御手段を備えたことを特徴とするロボット装置。

【請求項2】 上記情報獲得行動が、情報として言語を獲得する言語獲得行動であることを特徴とする請求項1記載のロボット装置。

【請求項3】 少なくとも内部状態に基づいて自律行動をしており、上記行動制御手段は、内部状態の恒常性に基づいて、上記情報獲得行動をさせることを特徴とする請求項1記載のロボット装置。

【請求項4】 上記内部状態の変化因子としての情報獲得欲をパラメータとする情報獲得モデルを備えており、上記行動制御手段は、上記情報獲得欲のパラメータが所定の閾値になったとき、上記情報獲得行動を表出させることを特徴とする請求項3記載のロボット装置。

【請求項5】 上記上記情報獲得欲のパラメータが経時的に変化することを特徴とする請求項4記載のロボット装置。

【請求項6】 上記情報獲得欲のパラメータが、学習への飢餓感を示すものであることを特徴とする請求項4記載のロボット装置。

【請求項7】 上記情報獲得欲のパラメータが、情報獲得量であることを特徴とする請求項4記載のロボット装置。

【請求項8】 上記情報獲得欲のパラメータが、新規情報の学習量であることを特徴とする請求項4記載のロボット装置。

【請求項9】 上記学習量が、経時的に減少する学習量であり、上記行動制御手段は、上記学習量が所定の閾値を下回ったとき、上記情報獲得行動を表出させることを特徴とする請求項8記載のロボット装置。

【請求項10】 ロボット装置の自律的行動の一行動として情報獲得行動をさせることを特徴とするロボット装置の行動制御方法。

【請求項11】 対象物の意味を獲得する意味獲得手段を備えたことを特徴とするロボット装置。

【請求項12】 内部状態に基づいて行動をしており、上記意味獲得手段は、上記対象物に対する行動をしたときの、上記内部状態の変化を当該対象物の意味として獲得することを特徴とする請求項11記載のロボット装置。

【請求項13】 上記内部状態を検出する内部状態監視手段を備えており、上記意味獲得手段は、上記対象物に対する行動をしたときの、上記内部状態監視手段により検出された上記内部状態の変化を当該対象物の意味として獲得することを特徴とする請求項12記載のロボット装置。

【請求項14】 上記獲得した対象物の意味を当該対象物に関連づけて連想記憶しておく連想記憶手段を備えていることを特徴とする請求項11記載のロボット装置。

【請求項15】 内部状態に基づいて行動をしているロボット装置が対象物に対する行動をしたときの、上記内部状態の変化を当該対象物の意味として獲得することを特徴とするロボット装置の行動制御方法。

【請求項16】 音声入力手段と、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルと、上記音声入力手段になされた発話入力を、上記単語系列特徴モデルに基づいて評価する発話入力評価手段と、上記発話入力評価手段の評価値に基づいて、上記発話入力の単語系列を特定する単語系列特定手段とを備えたことを特徴とするロボット装置

【請求項17】 上記発話入力評価手段は、上記音声入力手段になされた発話入力の単語系列に関する特徴量を検出する特徴量検出部と、上記特徴量検出部が検出した発話入力の特徴量を、上記音声特徴モデルに基づいて評価する評価部とを備えたことを特徴とする請求項16記載のロボット装置。

【請求項18】 上記特徴量検出部が検出した発話入力の特徴量の評価が低いときには、当該発話入力をその単語系列の特徴量をもって新たな音声列特徴モデルとして登録するモデル登録手段を備えたことを特徴とする請求項17記載のロボット装置。

【請求項19】 上記単語系列特徴モデルは、音韻学習により得た単語系列の特徴量を有していることを特徴とする請求項16記載のロボット装置。

【請求項20】 音声入力工程と、上記音声入力工程にてなされた発話入力を、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルに基づいて評価する発話入力評価工程と、上記発話入力評価工程にて得た評価値に基づいて、上記発話入力の単語系列を特定する単語系列特定工程とを有すること特徴とするロボット装置の行動制御方法。

【請求項21】 自律行動をするロボット装置において、

40 自己の学習対象物を指し示す行動制御をする制御手段を備えたことを特徴とするロボット装置。

【請求項22】 外部刺激に基づいて特定された物を優先して学習対象物として行動をさせる制御手段を備えたことを特徴とする請求項21記載のロボット装置。

【請求項23】 好奇心を示す行動として自己の学習対象物を指し示すことを特徴とする請求項21記載のロボット装置。

【請求項24】 少なくとも脚部を備えた動物に模した外観形状に形成されており、

50 上記制御手段は、上記脚部により上記学習対象物を指し

示す行動制御をすることを特徴とする請求項 21 記載のロボット装置。

【請求項 25】 自律行動するロボット装置が自己の学習対象物を指し示すようにロボット装置の行動を制御することを特徴とするロボット装置の行動制御方法。

【請求項 26】 自律行動するロボット装置であって、対象物を検出するセンサと、
上記センサからの入力信号を評価する知覚用評価部と、
上記知覚用評価部の評価結果が入力され、上記評価結果に基づいて変化する擬似的内部状態を管理する内部状態管理部と、
上記対象物と当該対象物に基づく上記内部状態の変化との関係を記憶する記憶手段とを備え、
対象物が検出された際に、検出された対象物に基づく上記内部状態の変化と上記対象物とを関連させて上記記憶手段に記憶することを特徴とするロボット装置。

【請求項 27】 上記内部状態の変化に基づいて擬似的情動を生成する情動部をさらに備え、
上記対象物と当該対象物に基づく情動関連情報を上記記憶手段に記憶することを特徴とする請求項 26 記載のロボット装置。

【請求項 28】 行動生成部をさらに備え、
上記内部状態管理部は、上記内部状態の恒常性を保つように上記内部状態を管理するとともに、上記恒常性が乱れたときには、上記行動生成部に第 1 の信号を送信し、
上記行動生成部は、上記第 1 の信号に基づいて上記恒常性を保つための行動を生成することを特徴とする請求項 26 記載のロボット装置。

【請求項 29】 上記内部状態の変化と上記恒常性を保つための行動とを上記記憶手段に連想記憶することを特徴とする請求項 28 記載のロボット装置。

【請求項 30】 上記内部状態管理部は、情報獲得欲求変数を有し、当該情報獲得欲求変数の値に基づいて上記行動生成部に第 2 の信号を送信し、
上記行動生成部は、上記第 2 の信号に基づいて情報獲得行動を生成することを特徴とする請求項 28 記載のロボット装置。

【請求項 31】 自律行動するロボット装置の行動制御方法であって、
対象物を検出するセンサからの入力信号を評価する知覚評価工程と、
上記知覚評価工程における評価結果に基づいて変化する擬似的内部状態を管理する内部状態管理工程と、
上記対象物と当該対象物に基づく上記内部状態の変化との関係を記憶手段に記憶する記憶工程とを有し、
対象物が検出された際に、検出された対象物に基づく上記内部状態の変化と上記対象物とを関連させて上記記憶手段に記憶することを特徴とするロボット装置の行動制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ロボット装置やそのようなロボット装置の行動制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、外観形状が犬等の動物に模して形成されたロボット装置が提供されている。このロボット装置は、例えば、外部からの情報や内部の状態（例えば、感情状態）等に応じて、動物のように行動する。そして、このようなロボット装置には、ボールを蹴るなどの行動をするものがある。さらに、このようなロボット装置には、学習機能を備えているものもある。例えば、学習機能としては、言語学習機能が挙げられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ペット型のロボット装置における 1 つの究極の目標はライフライク (Life-like) なロボット装置を構成することである。これは換言すれば、オープンエンディット (OPEN-ENDED) なシステムを構築することといえる。

【0004】従来は、いかに複雑度を増して見せるか、ということでライフライク (life-like) なロボット装置を構成するという目標に近づけている。その中には、学習や成長といった要素も考慮されている。

【0005】しかし、その実装は行動生成のために固定的に設定してある確率的ステートマシンの確率を強化学習により変更或いはステートマシン全体の取り替えにより実現している。

【0006】行動の生成頻度やそのパターンはユーザーや外界とのインタラクションにより変化し、ロボット装置がもつ複雑度を増してはいるものの、設計者（プログラマー）が最初に想定した行動、反応を超えるものではない。同じく、ロボット装置により認識可能とされる対象物は限定的なものとされており、これにより、プログラマーが設定した以外のものを認識することができない。これらは、未知刺激に対してどのように行動するかを決定する能力を欠いていることを意味している。

【0007】設計者の設定を超えるオープンエンディット (OPEN-ENDED) なシステムを作るために必要なことは、以下のことである。

(1) 未知刺激を認識できる能力

(2) 新たな行動を創生する能力

(3) 未知刺激に対する適切な行動を選択する能力

さらに、ペット型のロボット装置であることを考慮した場合、人間とインタラクションする能力は特に重要である。様々な未知の事柄を学習する場合も、人間とのインタラクションを通じて学習することが多いのも事実である。

【0008】人間とのインタラクションにおいて最も重要になるものが言語によるコミュニケーションである。上述の (1) の未知刺激を認識する能力に関しては、適切なカテゴライズとそのシンボル (Symbol) としての名

前を獲得することや、その行動の名前を獲得することがその第1歩になると考えられる。これはいわゆる言語獲得といわれる研究分野であるが、特にそれらのシンボルは物理的に関連付け或いは接地 (Ground) していることが重要であることが指摘されている。

【0009】これに関しては、例えば、Kaplanによる報告 (Kaplan, F. Talking AIBO: First experimentation of verbal interactions with an autonomous four-legged robot. In proceedings of the CELE-Twente workshop on interacting agents, October, 2000、以下、文献1という。)、Royらによる報告 (Roy, D. and Pentland A. Learning words from natural audio-visual input, in proceedings of International Conference on Spoken Language Processing, 1998、以下、文献2という。)、或いはSteelsによる報告 (Steels, L. Perceptually Grounded Meaning Creation, In proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems, 1996、以下、文献3という。) で挙げられている。

【0010】また、上述の(2)の行動獲得に関しては、イミテーション (imitation) によるもの、補強学習 (reinforcement learning) によるもの、Evolutionary Computingによるものなどがある。

【0011】これに関しては、Damasioによる報告 (Damasio, A. Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain, Putman Publishing Group, 1994、以下、文献4という。) やMataricによる報告 (Mataric, M., Sensory-motor primitives as a basis for imitation: Linking perception to action and biology to robotics, Imitation in Animals and Artifacts, C. Nehniv and K. Dautenhalm (eds), The MIT Press, 2000、以下、文献5という。) 等に挙げられている。

【0012】しかしながら、上述の(3)の未知刺激に対する適切な行動に関しては、実世界においては非常にプリミティブなものが報告されているだけである。或いは仮想的な世界でいくつかの関連するものがあるだけである。

【0013】この上述の(3)の意味するところは、その物体がロボット装置に対してどのような意味を持つのかをいかにして獲得するか、にある。例えばそれが食べ物なのか、遊び道具なのか、怖いものなのか、等である。そのためには認識対象物を物理的に関連付け或いは接地 (ground) するだけでなく、ロボット装置の内的状態にどのように影響を及ぼすか、すなわち内的状態 (例えば、primary emotion, secondary emotion等) に関連付け (ground) することが必要になる。

【0014】そこで、本発明は、上述の実情に鑑みてなされたものであり、よりライフライク (Life-like) に近づけられたロボット装置及びそのようなロボット装置の行動制御方法を提供することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に係るロボット装置は、上述の課題を解決するために、自律行動の一行動として情報獲得行動をさせる行動制御手段を備える。このような構成を備えるロボット装置は、自律行動の一行動として情報獲得行動を表出する。

【0016】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、上述の課題を解決するために、ロボット装置の自律的行動の一行動として情報獲得行動をさせる。このようなロボット装置の行動制御方法により、ロボット装置は、自律的行動の一行動として情報獲得行動を表出する。

【0017】また、本発明に係るロボット装置は、上述の課題を解決するために、対象物の意味を獲得する意味獲得手段を備える。このような構成を備えるロボット装置は、対象物の意味を獲得する。

【0018】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、上述の課題を解決するために、内部状態に基づいて行動をしているロボット装置が対象物に対する行動をしたときの、内部状態の変化を当該対象物の意味として獲得する。

【0019】このようなロボット装置の行動制御方法により、ロボット装置は、内部状態に基づいて行動をし、対象物に対する行動をしたときの内部状態の変化を当該対象物の意味として獲得する。

【0020】また、本発明に係るロボット装置は、上述の課題を解決するために、音声入力手段と、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルと、音声入力手段になされた発話入力を、単語系列特徴モデルに基づいて評価する発話入力評価手段と、発話入力評価手段の評価値に基づいて、発話入力の単語系列を特定する単語系列特定手段とを備える。

【0021】このような構成を備えるロボット装置は、音声入力手段になされた発話入力を、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルに基づいて発話入力評価手段により評価し、発話入力評価手段の評価値に基づいて、発話入力の単語系列を単語系列特定手段により特定する。これにより、ロボット装置は、入力された発話を最適な単語系列として特定する。

【0022】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、上述の課題を解決するために、音声入力工程と、音声入力工程にてなされた発話入力を、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルに基づいて評価する発話入力評価工程と、発話入力評価工程にて得た評価値に基づいて、発話入力の単語系列を特定する単語系列特定工程とを有する。このようなロボット装置の行動制御方法により、ロボット装置は、入力された発話を最適な単語系列として特定する。

【0023】また、本発明に係るロボット装置は、上述の課題を解決するために、自己の学習対象物を指し示す行動制御をする制御手段を備える。このような構成を備えたロボット装置は、自己の学習対象物を指し示す行動をする。

【0024】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、上述の課題を解決するために、自律行動するロボット装置が自己の学習対象物を指し示すようにロボット装置の行動を制御する。このようなロボット装置の行動制御方法により、ロボット装置は、自己の学習対象物を指し示す行動をする。

【0025】また、本発明に係るロボット装置は、上述の課題を解決するために、対象物を検出するセンサと、センサからの入力信号を評価する知覚用評価部と、知覚用評価部の評価結果が入力され、当該評価結果に基づいて変化する擬似的内部状態を管理する内部状態管理部と、対象物と当該対象物に基づく内部状態の変化との関係を記憶する記憶手段とを備える。

【0026】このような構成を備えるロボット装置は、対象物が検出された際に、検出された対象物に基づく上記内部状態の変化と上記対象物とを関連させて上記記憶手段に記憶する。

【0027】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、上述の課題を解決するために、対象物を検出するセンサからの入力信号を評価する知覚評価工程と、知覚評価工程における評価結果に基づいて変化する擬似的内部状態を管理する内部状態管理工程と、対象物と当該対象物に基づく内部状態の変化との関係を記憶手段に記憶する記憶工程とを有する。このようなロボット装置の行動制御方法により、ロボット装置は、対象物が検出された際に、検出された対象物に基づく上記内部状態の変化と上記対象物とを関連させて上記記憶手段に記憶する。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳しく説明する。この実施の形態は、周囲環境（或いは外部刺激）や内部状態に応じて自律行動をする自律型のロボット装置である。

【0029】実施の形態では、まず、ロボット装置の構成について説明して、その後、ロボット装置における本発明の適用部分について詳細に説明する。

【0030】（1）本実施の形態によるロボット装置の構成

図1に示すように、「犬」等の動物を模した形状のいわゆるペット型ロボットとされ、胴体部ユニット2の前後左右にそれぞれ脚部ユニット3A、3B、3C、3Dが連結されると共に、胴体部ユニット2の前端部及び後端部にそれぞれ頭部ユニット4及び尻尾部ユニット5が連結されて構成されている。

【0031】胴体部ユニット2には、図2に示すよう

に、CPU（Central Processing Unit）10、DRAM（Dynamic Random Access Memory）11、フラッシュROM（Read Only Memory）12、PC（Personal Computer）カードインターフェース回路13及び信号処理回路14が内部バス15を介して相互に接続されることにより形成されたコントロール部16と、このロボット装置1の動力源としてのバッテリー17とが収納されている。また、胴体部ユニット2には、ロボット装置1の向きや動きの加速度を検出するための角速度センサ18及び加速度センサ19なども収納されている。

【0032】また、頭部ユニット4には、外部の状況を撮像するためのCCD（Charge Coupled Device）カメラ20と、使用者からの「撫でる」や「叩く」といった物理的な働きかけにより受けた圧力を検出するためのタッチセンサ21と、前方に位置する物体までの距離を測定するための距離センサ22と、外部音を集音するためのマイクロホン23と、鳴き声等の音声を出力するためのスピーカ24と、ロボット装置1の「目」に相当するLED（Light Emitting Diode）（図示せず）などがそれぞれ所定位置に配置されている。

【0033】さらに、各脚部ユニット3A～3Dの関節部分や各脚部ユニット3A～3D及び胴体部ユニット2の各連結部分、頭部ユニット4及び胴体部ユニット2の連結部分、並びに尻尾部ユニット5の尻尾5Aの連結部分などにはそれぞれ自由度数分のアクチュエータ25₁～25₄及びポテンシオメータ26₁～26₄が配設されている。例えば、アクチュエータ25₁～25₄はサーボモータを構成として有している。サーボモータの駆動により、脚部ユニット3A～3Dが制御されて、目標の姿勢或いは動作に遷移する。

【0034】そして、これら角速度センサ18、加速度センサ19、タッチセンサ21、距離センサ22、マイクロホン23、スピーカ24及び各ポテンシオメータ26₁～26₄などの各種センサ並びにLED及び各アクチュエータ25₁～25₄は、それぞれ対応するハブ27₁～27₄を介してコントロール部16の信号処理回路14と接続され、CCDカメラ20及びバッテリー17は、それぞれ信号処理回路14と直接接続されている。

【0035】信号処理回路14は、上述の各センサから供給されるセンサデータや画像データ及び音声データを順次取り込み、これらをそれぞれ内部バス15を介してDRAM11内の所定位置に順次格納する。また信号処理回路14は、これと共にバッテリー17から供給されるバッテリー残量を表すバッテリー残量データを順次取り込み、これをDRAM11内の所定位置に格納する。

【0036】このようにしてDRAM11に格納された各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データは、この後CPU10がこのロボット装置1の動作制御を行う際に利用される。

10

20

30

40

50

【0037】實際上CPU10は、ロボット装置1の電源が投入された初期時、胴体部ユニット2の図示しないPCカードスロットに装填されたメモリカード28又はフラッシュROM12に格納された制御プログラムをPCカードインターフェース回路13を介して又は直接読み出し、これをDRAM11に格納する。

【0038】また、CPU10は、この後上述のように信号処理回路14よりDRAM11に順次格納される各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データに基づいて自己及び周囲の状況や、使用者からの指示及び動きかけの有無などを判断する。

【0039】さらに、CPU10は、この判断結果及びDRAM11に格納した制御プログラムに基づいて続く行動を決定すると共に、当該決定結果に基づいて必要なアクチュエータ25₁～25₅を駆動させることにより、頭部ユニット4を上下左右に振らせたり、尻尾部ユニット5の尻尾5Aを動かせたり、各脚部ユニット3A～3Dを駆動させて歩行させるなどの行動を行わせる。

【0040】また、この際CPU10は、必要に応じて音声データを生成し、これを信号処理回路14を介して音声信号としてスピーカ24に与えることにより当該音声信号に基づく音声を外部に出力させたり、上述のLEDを点灯、消灯又は点滅させる。

【0041】このようにしてこのロボット装置1においては、自己及び周囲の状況や、使用者からの指示及び動きかけに応じて自律的に行動し得るようになされている。

【0042】(2) 制御プログラムのソフトウェア構成
ここで、ロボット装置1における上述の制御プログラムのソフトウェア構成は、図3に示すようになる。この図3において、デバイス・ドライバ・レイヤ30は、この制御プログラムの最下位層に位置し、複数のデバイス・ドライバからなるデバイス・ドライバ・セット31から構成されている。この場合、各デバイス・ドライバは、CCDカメラ20(図2)やタイマ等の通常のコンピュータで用いられるハードウェアに直接アクセスすることを許されたオブジェクトであり、対応するハードウェアからの割り込みを受けて処理を行う。

【0043】また、ロボティック・サーバ・オブジェクト32は、デバイス・ドライバ・レイヤ30の最下位層に位置し、例えば上述の各種センサやアクチュエータ25₁～25₅等のハードウェアにアクセスするためのインターフェースを提供するソフトウェア群でなるバーチャル・ロボット33と、電源の切換えなどを管理するソフトウェア群でなるパワーマネージャ34と、他の種々のデバイス・ドライバを管理するソフトウェア群でなるデバイス・ドライバ・マネージャ35と、ロボット装置1の機構を管理するソフトウェア群でなるデザインド・ロボット36とから構成されている。

【0044】マネージャ・オブジェクト37は、オブジ

ェクト・マネージャ38及びサービス・マネージャ39から構成されている。オブジェクト・マネージャ38は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32、ミドル・ウェア・レイヤ40、及びアプリケーション・レイヤ41に含まれる各ソフトウェア群の起動や終了を管理するソフトウェア群であり、サービス・マネージャ39は、メモリカード28(図2)に格納されたコネクションファイルに記述されている各オブジェクト間の接続情報に基づいて各オブジェクトの接続を管理するソフトウェア群である。

【0045】ミドル・ウェア・レイヤ40は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32の上位層に位置し、画像処理や音声処理などのこのロボット装置1の基本的な機能を提供するソフトウェア群から構成されている。また、アプリケーション・レイヤ41は、ミドル・ウェア・レイヤ40の上位層に位置し、当該ミドル・ウェア・レイヤ40を構成する各ソフトウェア群によって処理された処理結果に基づいてロボット装置1の行動を決定するためのソフトウェア群から構成されている。

【0046】なお、ミドル・ウェア・レイヤ40及びアプリケーション・レイヤ41の具体的なソフトウェア構成をそれぞれ図4に示す。

【0047】ミドル・ウェア・レイヤ40は、図4に示すように、騒音検出用、温度検出用、明るさ検出用、音階認識用、距離検出用、姿勢検出用、タッチセンサ用、動き検出用及び色認識用の各信号処理モジュール50～58並びに入力セマンティクスコンバータモジュール59などを有する認識系60と、出力セマンティクスコンバータモジュール68並びに姿勢管理用、トラッキング用、モーション再生用、歩行用、転倒復帰用、LED点灯用及び音再生用の各信号処理モジュール61～67などを有する出力系69とから構成されている。

【0048】認識系60の各信号処理モジュール50～58は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャル・ロボット33によりDRAM11(図2)から読み出される各センサデータや画像データ及び音声データのうちの対応するデータを取り込み、当該データに基づいて所定の処理を施して、処理結果を入力セマンティクスコンバータモジュール59に与える。ここで、例えば、バーチャル・ロボット33は、所定の通信規約によって、信号の授受或いは変換をする部分として構成されている。

【0049】入力セマンティクスコンバータモジュール59は、これら各信号処理モジュール50～58から与えられる処理結果に基づいて、「うるさい」、「暑い」、「明るい」、「ボールを検出した」、「転倒を検出した」、「撫でられた」、「叩かれた」、「ドミソの音階が聞こえた」、「動く物体を検出した」又は「障害物を検出した」などの自己及び周囲の状況や、使用者からの指令及び動きかけを認識し、認識結果をアプリケー

ション・レイヤ41(図2)に出力する。

【0050】アプリケーション・レイヤ41は、図5に示すように、行動モデルライブラリ70、行動切換モジュール71、学習モジュール72、感情モデル73及び本能モデル74の5つのモジュールから構成されている。

【0051】行動モデルライブラリ70には、図6に示すように、「バッテリー残量が少なくなった場合」、「転倒復帰する」、「障害物を回避する場合」、「感情を表現する場合」、「ボールを検出した場合」などの予め選択されたいくつかの条件項目にそれぞれ対応させて、それぞれ独立した行動モデル70₁～70_nが設けられている。

【0052】そして、これら行動モデル70₁～70_nは、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール59から認識結果が与えられたときや、最後の認識結果が与えられてから一定時間が経過したときなどに、必要に応じて後述のように感情モデル73に保持されている対応する情動のパラメータ値や、本能モデル74に保持されている対応する欲求のパラメータ値を参照しながら、20 続く行動をそれぞれ決定し、決定結果を行動切換モジュール71に出力する。

【0053】なお、この実施の形態の場合、各行動モデル70₁～70_nは、次の行動を決定する手法として、図7に示すような1つのノード(状態)NODE₀～NODE_nから他のどのノードNODE₀～NODE_nに遷移するかを各ノードNODE₀～NODE_nに間を接続するアークARC₁～ARC_nに対してそれぞれ設定された遷移確率P₁～P_nに基づいて確率的に決定する有限確率オートマトンと呼ばれるアルゴリズムを用い30 る。

【0054】具体的に、各行動モデル70₁～70_nは、それぞれ自己の行動モデル70₁～70_nを形成するノードNODE₀～NODE_nにそれぞれ対応させて、これらノードNODE₀～NODE_nごとに図8に示すような状態遷移表80を有している。

【0055】この状態遷移表80では、そのノードNODE₀～NODE_nにおいて遷移条件とする入力イベント(認識結果)が「入力イベント名」の列に優先順に列記され、その遷移条件についてのさらなる条件が「データ名」及び「データ範囲」の列における対応する行に記述されている。

【0056】したがって、図8の状態遷移表80で表されるノードNODE₁₀₀では、「ボールを検出(BALL)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるそのボールの「大きさ(SIZE)」が「0から1000」の範囲であることや、「障害物を検出(OBSTACLE)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるその障害物までの「距離(DISTANCE)」が「0から100」の40

範囲であることが他のノードに遷移するための条件となっている。

【0057】また、このノードNODE₁₀₀では、認識結果の入力がない場合においても、行動モデル70₁～70_nが周期的に参照する感情モデル73及び本能モデル74にそれぞれ保持された各情動及び各欲求のパラメータ値のうち、感情モデル73に保持された「喜び(JOY)」、「驚き(SURPRISE)」若しくは「悲しみ(SADNESS)」のいずれかのパラメータ値が「50から100」の範囲であるときには他のノードに遷移することができるようになっている。

【0058】また、状態遷移表80では、「他のノードへの遷移確率」の欄における「遷移先ノード」の行にそのノードNODE₀～NODE_nから遷移できるノード名が列記されていると共に、「入力イベント名」、「データ値」及び「データの範囲」の列に記述された全ての条件が揃ったときに遷移できる他の各ノードNODE₀～NODE_nへの遷移確率が「他のノードへの遷移確率」の欄内の対応する箇所にそれぞれ記述され、そのノードNODE₀～NODE_nに遷移する際に出力すべき行動が「他のノードへの遷移確率」の欄における「出力行動」の行に記述されている。なお、「他のノードへの遷移確率」の欄における各行の確率の和は100 [%]となっている。

【0059】したがって、図8の状態遷移表80で表されるノードNODE₁₀₀では、例えば「ボールを検出(BALL)」し、そのボールの「SIZE(大きさ)」が「0から1000」の範囲であるという認識結果が与えられた場合には、「30 [%]」の確率で「ノードNODE₁₂₀(node 120)」に遷移でき、そのとき「ACTION1」の行動が出力されることとなる。

【0060】各行動モデル70₁～70_nは、それぞれこのような状態遷移表80として記述されたノードNODE₀～NODE_nがいくつも繋がるようにして構成されており、入力セマンティクスコンバータモジュール59から認識結果が与えられたときなどに、対応するノードNODE₀～NODE_nの状態遷移表を利用して確率的に次の行動を決定し、決定結果を行動切換モジュール71に出力するようになされている。

【0061】図5に示す行動切換モジュール71は、行動モデルライブラリ70の各行動モデル70₁～70_nからそれぞれ出力される行動のうち、予め定められた優先順位の高い行動モデル70₁～70_nから出力された行動を選択し、当該行動を実行すべき旨のコマンド(以下、これを行動コマンドという。)をミドル・ウェア・レイヤ40の出力セマンティクスコンバータモジュール68に送出する。なお、この実施の形態においては、図6において下側に表記された行動モデル70₁～70_nほど優先順位が高く設定されている。

【0062】また、行動切換モジュール71は、行動完50

了後に出力セマンティクスコンバータモジュール68から与えられる行動完了情報に基づいて、その行動が完了したことを学習モジュール72、感情モデル73及び本能モデル74に通知する。

【0063】一方、学習モジュール72は、入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる認識結果のうち、「叩かれた」や「撫でられた」など、使用者からの働きかけとして受けた教示の認識結果を入力する。

【0064】そして、学習モジュール72は、この認識結果及び行動切換モジュール71からの通知に基づいて、「叩かれた(叱られた)」ときにはその行動の発現確率を低下させ、「撫でられた(誉められた)」ときにはその行動の発現確率を上昇させるように、行動モデルライブラリ70における対応する行動モデル70₁～70₀の対応する遷移確率を変更する。

【0065】他方、感情モデル73は、「喜び(joy)」、「悲しみ(sadness)」、「怒り(anger)」、「驚き(surprise)」、「嫌悪(disgust)」及び「恐れ(fear)」の合計6つの情動について、各情動ごとに*20

$$E[t+1] = E[t] + k_e \times \Delta E[t]$$

【0068】なお、各認識結果や出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知が各情動のパラメータ値の変動量 $\Delta E[t]$ にどの程度の影響を与えるかは予め決められており、例えば「叩かれた」といった認識結果は「怒り」の情動のパラメータ値の変動量 ΔE

【t】に大きな影響を与え、「撫でられた」といった認識結果は「喜び」の情動のパラメータ値の変動量 ΔE 【t】に大きな影響を与えるようになっている。

【0069】ここで、出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知とは、いわゆる行動のフィードバック情報(行動完了情報)であり、行動の出現結果の情報であり、感情モデル73は、このような情報によっても感情を変化させる。これは、例えば、「吠える」といった行動により怒りの感情レベルが下がるといったようなことである。なお、出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知は、上述した学習モジュール72にも入力されており、学習モジュール72は、その通知に基づいて行動モデル70₁～70₀の対応する遷移確率を変更する。

【0070】なお、行動結果のフィードバックは、行動切換モジュール71の出力(感情が付加された行動)によりなされるものであってもよい。

【0071】一方、本能モデル74は、「運動欲(exer*

$$I[k+1] = I[k] + k_i \times \Delta I[k]$$

【0074】なお、認識結果及び出力セマンティクスコ 50

* その情動の強さを表すパラメータを保持している。そして、感情モデル73は、これら各情動のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる「叩かれた」及び「撫でられた」などの特定の認識結果と、経過時間及び行動切換モジュール71からの通知などに基づいて周期的に更新する。

【0066】具体的には、感情モデル73は、入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる認識結果と、そのときのロボット装置1の行動と、前回更新してから経過時間などに基づいて所定の演算式により算出されるそのときのその情動の変動量を ΔE

【t】、現在のその情動のパラメータ値を $E[t]$ 、その情動の感度を表す係数を k_e として、(1)式によって次の周期におけるその情動のパラメータ値 $E[t+1]$ を算出し、これを現在のその情動のパラメータ値 $E[t]$ と置き換えるようにしてその情動のパラメータ値を更新する。また、感情モデル73は、これと同様にして全ての情動のパラメータ値を更新する。

【0067】

【数1】

$$\dots (1)$$

※cise)」、「愛情欲(affection)」、「食欲(appetite)」及び「好奇心(curiosity)」の互いに独立した4つの欲求について、これら欲求ごとにその欲求の強さを表すパラメータを保持している。そして、本能モデル74は、これらの欲求のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる認識結果や、経過時間及び行動切換モジュール71からの通知などに基づいて周期的に更新する。

【0072】具体的には、本能モデル74は、「運動欲」、「愛情欲」及び「好奇心」については、認識結果、経過時間及び出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知などに基づいて所定の演算式により算出されるそのときのその欲求の変動量を $\Delta I[k]$ 、現在のその欲求のパラメータ値を $I[k]$ 、その欲求の感度を表す係数 k_i として、所定周期で(2)式を用いて次の周期におけるその欲求のパラメータ値 $I[k+1]$ を算出し、この演算結果を現在のその欲求のパラメータ値 $I[k]$ と置き換えるようにしてその欲求のパラメータ値を更新する。また、本能モデル74は、これと同様にして「食欲」を除く各欲求のパラメータ値を更新する。

【0073】

【数2】

$$\dots (2)$$

ンバータモジュール68からの通知などが各欲求のパラ

メータ値の変動量 ΔI [k] にどの程度の影響を与えるかは予め決められており、例えば出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知は、「疲れ」のパラメータ値の変動量 ΔI [k] に大きな影響を与えるようになっている。

【0075】なお、本実施の形態においては、各情動及び各欲求（本能）のパラメータ値がそれぞれ0から100までの範囲で変動するように規制されており、また係数 k_0 、 k_1 の値も各情動及び各欲求ごとに個別に設定されている。

【0076】一方、ミドル・ウェア・レイヤ40の出力セマンティクスコンバータモジュール68は、図4に示すように、上述のようにしてアプリケーション・レイヤ41の行動切替モジュール71から与えられる「前進」、「喜ぶ」、「鳴く」又は「トラッキング（ボールを追いかける）」といった抽象的な行動コマンドを出力系69の対応する信号処理モジュール61～67に与える。

【0077】そしてこれら信号処理モジュール61～67は、行動コマンドが与えられると当該行動コマンドに基づいて、その行動を行うために対応するアクチュエータ25₁～25₅。（図2）に与えるべきサーボ指令値や、スピーカ24（図2）から出力する音の音声データ及び又は「目」のLEDに与える駆動データを生成し、これらのデータをロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャル・ロボット33及び信号処理回路14（図2）を順次介して対応するアクチュエータ25₁～25₅。又はスピーカ24又はLEDに順次送出する。

【0078】このようにしてロボット装置1においては、制御プログラムに基づいて、自己（内部）及び周囲（外部）の状況や、使用者からの指示及び働きかけに応じた自律的な行動を行うことができるようになされている。

【0079】（3）ロボット装置への本発明の適用
ここで、説明する技術は、本発明をロボット装置に適用するための原理となる技術である。

【0080】（3-1）システム構造の概要
まず、情動関連シンボル獲得（Emotionally Grounded Symbol Acquisition）を実現するシステム構造の概要を説明する。

【0081】ここで、まず、システムを構築するにあたり以下の問題を提起し、本発明を適用したシステムではこれを解決し、従来において達成できなかった、ライフライク（life-like）なロボット装置の実現を図っている。

（Req-1）言語獲得行動をどのようにロボット装置1のような自律行動システムに埋め込むか。

（Req-2）情動関連シンボル（Emotionally Grounded Symbol）をどのようにして構成するか。

（Req-3）実世界における認識対象物をどのようにカテ

ゴライズするか。

（Req-4）ロボット装置1と人の間でどのようにして、同じ対象物に注意をはらうか。すなわち、共同注意（Shared Attention）の問題をどう解決するか。

【0082】以上のように先ず問題を提起した。先ず、（Req-1）に対しては、動物行動学的モデル（Ethological Model）による自律行動生成と物理関連シンボル獲得（Physically Grounded Symbol Acquisition）の方法とを統合することで解決した。

10 【0083】ここで、動物行動学的モデル（Ethological Model）による自律行動生成は、例えばArkinらの報告（Arkin, R.C., Fujita, M., Takagi, T., and Hasegawa, R. Ethological Model..., submitted to ICRA-2001、以下、文献6という。）やBatesの報告（Bates, J. The nature of character in interactive worlds and the oz project. Technical Report CMU-CS-92-200, Carnegie Mellon University, Oct. 1992、以下、文献6という。）において提唱されている技術である。

20 【0084】また、物理関連シンボル獲得（Physically Grounded Symbol Acquisition）の方法は、例えば、上述の文献1、文献2及び文献3において提唱されている技術である。

【0085】特に、自律行動の1つとして情報に関する飢餓感を満たすような行動としての情報獲得行動を定義し、食物を食べる行動と同様なサブシステムとして、情報を「食べる」といった情報獲得行動を実現している。獲得対象とされる情報としては、対象物の呼び名や意味である。

30 【0086】ここで、サブシステムは、ロボット装置1の行動を規定するシステムであって、ロボット装置1は、このサブシステムを行動の種類に応じて複数種類もっている。そして、サブシステムは、主に知覚や内部状態によって決定するようになされている。

40 【0087】さらに、上述の（Req-2）の情動関連シンボル（Emotionally Grounded Symbol）に関しては、それらの行動の動機を生成している内部状態の変化とその時の入力、行動とを関連付けることで解決する。具体的には、入力のあったときの内部状態そのものではなく、入力に対しての内部状態の変化を関連づけることで、その対象物の個体への意味とその内部状態が満たされたときに情動想起との関連が可能にしている。

【0088】また、（Req-3）に関しては、対象物を知覚（Perception）で認識（Categorize）し、知覚として検出した色等のカテゴライザー（Categorizer）として統計的なモデル等を用いることで、実世界の認識対象物を適切にカテゴライズしている。

50 【0089】例えば、コンピューター内に構築された仮想的（Virtual）な世界で提案されているEl-Nasrらの報告（El-Nasr, M., Loeger, T., and Yen, J., PETEEI: A Pet with Evolving Emotionally Intelligence, in pro

ceedings of International Conference on Autonomous Agents, 2000、以下、文献8という。)において提唱されているSynthesis Creaturとの違いは、ロボット装置が実世界で動作できなければならない点である。実世界の物体においては、色や形状といったものがそれぞれの特徴空間において連続的に分布している。さらに、それを見ただけでは現実にはどのような意味を持つものかをあらかじめプログラムされていなければ知ることができない。このようなことから、上述の(Req-3)に関しては、知覚(Perception)のカテゴリライザー(Categorizer)として統計的なモデルなどを用いて解決した。

【0090】上述の(Req-4)の共同注意の問題に関しては、この動物行動学的モデル(Ethological Model)の行動選択の中に、ある対象物に注目した行動をとる、という部分を利用して自然な形で実行することで解決している。

【0091】実世界におけるシンボル獲得(Symbol Acquisition)で重要な機能にShared Attention(共同注意)或いはJoint Attentionといわれるものがある。Brunerの報告(Bruner, J. Learning how to do things with words, in J. Bruner and A. Garton (Eds.) Human growth and development, Wolfson College Lectures, Clarendon Press, 1978、以下、文献9という。)においては、共同注意(Shared Attention)は、幼児の学習過程において重要な働きをすることが認知心理学などより指摘されている。例えば、指をさした方向や視線の方向を幼児が自然に見ることにより、教える側と教わる側が注意をむける対象物を共有する、という能力である。

【0092】このような共同注意を、動物行動学的モデル(Ethological Model)の行動選択の中に、ある対象物に注目した行動をとる、という部分を利用して自然な形で自律行動に取り入れている。

【0093】以下、まず最初に、動物行動学の研究(Ethological Study)を考慮した行動制御(Behavior Control)に関して簡単に説明する。例えば、動物行動学の動作制御の技術としては、上述の文献6が挙げられる。

【0094】ついで、構造全体といかに情報獲得行動を自律型のロボット装置1のソフトウェアに統合するかに関して述べ、共同注意に関しての解決方法について説明する。

【0095】(3-2)外的刺激と内的状態との関連付け(Fusion of External Stimuli and Internal Variables)

動物行動学的モデル(Ethological Model)における重要点は、行動が内部状態及び外的刺激の両者によって選択される、という点と、内部状態からのモチベーション(Motivation)生成と外的刺激からの知覚刺激(Release signal)はそれぞれ独立に評価され、行動評価値(Behavior Value)生成時に関連づけ(fusion)される、という点にある。これにより、内部状態をある範囲内に止

めるようなホメオスタシス行動を生成することができる。ここで、ホメオスタシス行動とは、例えば内部状態を一定に保つように表出される行動である。

【0096】図9には、ある行動に対して、対応する内部状態と外的刺激とを独立に評価するための構成を示している。また、図10には、ホメオスタシス行動を実現するための構成であって、具体的には、行動が体系的に構成され、外部環境を解して外的刺激を得て、内部状態を一定に保つ行動が選択されるための構成を示している。

【0097】図9について、摂食行動(ingestive)の場合を例に挙げて説明する。モチベーション生成部(Motivation Creator)101は、空腹度等の内部状態から摂食行動のモチベーション値(motivation value)を評価して出力する。一方、リリースメカニズム(release mechanism)102は、摂食行動に関係する外的刺激、例えば、食物があればその摂食行動の知覚信号(release signal)を評価して出力する。そして、モチベーション値(motivation value)とリリース信号或いは知覚信号(release signal)とは独立に評価されている。

【0098】行動評価部(Behavior evaluator)103では、モチベーション値(motivation value)とリリース信号(release signal)とを評価して、この行動そのものの評価値を行動評価値(behavior value)として出力する。このような行動が複数存在し、それぞれが独立に行動評価値(behavior value)を計算し、後述する行動選択部(Action selection)に出力する。行動選択部(Action selection)では、もっとも高い評価を与えた行動を選択して、その行動を実行する。

【0099】ここで、モチベーション生成部(motivation creator)101を内部状態が適当な範囲からずれた場合に、それをもとの範囲に戻すことができる行動のように定義させることで、その行動の対象物が外界に存在すればそれを獲得にいくという一般的な行動定義が実現され、これによりホメオスタシス行動が実現されるようになる。

【0100】(3-3)情動関連シンボル獲得の構築(Emotionally Grounded Symbol Acquisition Architecture)

情動関連シンボル獲得(Emotionally Grounded Symbol Acquisition)により、自律行動の一部としての未知の対象物に対する情報獲得行動を実現している。情動関連シンボル獲得(Emotionally Grounded Symbol Acquisition)が自律行動の一部として実現される構成は、例えば図12に示すような構成になる。このシステム構築におけるポイントは以下になる。

(i) 未知入力か既知入力かを判別できる各チャンネルのカテゴリライザー。

(ii) 各チャンネルのカテゴリライズの結果を内部状態の変化するタイミングで記憶する連想記憶。

(iii) 内部状態と外部刺激の動物行動学的モデル(Eth

ological Model) による統合。

【0101】以上がシステム構築におけるポイントになる。なお、外部刺激が既知の刺激であれば、通常の動物行動学的 (Ethological Model) によるホメオスタシス行動を基本とする自律行動を起こすようにしている。

【0102】また、本発明を適用して実現した情動関連シンボル獲得 (Emotionally Grounded Symbol Acquisition) では、その対象物が内部状態の何に対して重要であるかを記憶することも特徴であり、この点で、通常の物理関連シンボル獲得 (Physically Grounded Symbol Acquisition) と大きく異なっている。

【0103】このように、情動関連シンボル獲得 (Emotionally Grounded Symbol Acquisition) では、対象物に情動関連 (Emotionally Grounded) 情報を関連付けており、情報としており、このように対象物に情動を関連付けることにより、新しい対象物に対しても、どの行動 (Action) をするべきかをリリースメカニズム (Release Mechanism) で評価することを可能としている。

【0104】また、内部状態の変化を対象物との関係において連想記憶として持つことで、学習済みの入力提示されたとき、連想記憶から2次情動 (secondary emotion) に記憶してある内部状態 (internal variables) の変化を出力し、それにより2次情動の生成をすることもできる。例えば、喜びや恐怖などを情動 (emotion) として作り出す。

【0105】これにより、対象物等を見たことに対応して、情動表出行動として表情をつくったり、行動選択に影響を及ぼしたり、動作に変調を与えることができるようになる。

【0106】(3-4) 情報獲得行動 (Information Eating Behavior)

自律行動の一部としての情報獲得行動を実現するために、内部状態を示すモデルとして、内部状態の因子としての情報獲得欲求に関連する変数 (以下、情報獲得変数という。) を有したサブシステム (以下、情報獲得行動サブシステムという。) を定義する。

【0107】例えば、情報獲得行動サブシステムは、その情報獲得変数が、連想記憶が未知の入力に対して学習を行った場合に増加し、時間とともに減少するような内部モデルとして定義する。この情報獲得行動サブシステムは、情報獲得変数が欠乏状態になると、情報獲得行動に対するモチベーション (Motivation) を生成する。

【0108】さらに、この場合において、リリースメカニズム (Release Mechanism) は、入力 (情報) が未知のものであればリリース信号 (release signal) を生成するようにする。これにより、食物を食べるのと同じように、情報を獲得する行動を内部状態及び外部刺激の関連付け (fusion) として生成することができるようになる。

【0109】情報獲得行動として表出される具体的な行

動としては、典型的なものとして、情報獲得欲が大きくなると、未知の物体を探す行動を発生し、さらにそれに対して“これは何?”などの質問行動をとること等が挙げられる。そして、一般に、このような行動はユーザーとの間での対話として形成されるものである。

【0110】このようなシステムを構築することにより、好奇心をベースにした対話による情報獲得を実現することができ、さらにそのような情報獲得行動が自律行動の中に自然に埋め込むことができるようになる。すなわち、ロボット装置1において自律行動として実現されているインタラクションの新しい要素として情報獲得行動が実現される。

【0111】(3-5) 共同注意 (Shared Attention) システムの中には Shared Attention 或いは Joint Attention を自然なかたちとして埋め込まれている。システム構造において、共同注意に基づく情報獲得 (Information Eating) の行動は以下のように実行される。

【0112】上述のように内部状態と外部刺激との関連づけ (fusion) により情報獲得行動が行動選択部 (Action selection) 116 により選択されたとする。

【0113】リリースメカニズム (Release Mechanism) 102 がリリース信号を出す起因となった対象物が情報獲得を行うターゲットである。また、内部状態の飢餓感だけからこの行動が選択されたとすれば、探索が行われて、その結果として、ある対象物が情報獲得行動のターゲットになる。このように情報獲得を行うターゲットが、共同注意 (Shared Attention) のターゲットになる。

【0114】ロボット中心の場合は、すなわち、内部状態の飢餓感に起因する情報獲得行動の場合、ロボット装置1は、そのターゲットに近づき、指をさし、“これは何?”といった質問で人間の注意をその対象物に払ってもらうことにより共同注意 (Shared Attention) が達成される。

【0115】一方、ユーザが主導権を握っている場合、すなわち、リリースメカニズム (Release Mechanism) 102 が出したリリース信号を要因としてターゲットを特定する場合、先ずロボット装置1は、音や対象物を動かすことで、ユーザに注意を促すようにする。これに対応して、ユーザーは例えば指でターゲットを指しながら、“これは何?”と質問をすることが想定されるが、ロボット装置1では、この指や質問により情報獲得行動が選択された場合、指でさされた物をその対象物として特定する。これにより、ユーザが主導権を握っている場合においても、同じ対象物に対しての共同注意 (Shared Attention) が達成される。

【0116】このように、本発明では、システムに、注意が内部状態として欲しているもの、或いは外部刺激の強いものに対して払われる、という一般的な考え方の一部として共同注意 (Shared Attention) を取り込んでい

る。

【0117】(3-5)内部状態変化と情動 (INTERNAL VARIABLES AND EMOTIONS)

図12に示すように、感情部 (Emotion part) 130は、大きく分けて、知覚用内部状態部131、内部状態部132及び情動部133とから構成されている。

【0118】1つ目の内部状態部132は、内部状態そのもののダイナミクスを管理する部分である。ここでいう内部状態には、後述するように栄養素、水分、疲労、好奇心等が擬似的に変数として存在している (図2 10 3)。ただし、これらの内部状態は、上述した他に、生物又は動物に見受けられる他の内部状態であってもよい。内部状態部132は、その個体保持に必要な状態をモニターし、それが適切な値から外れることを検知する。さらに、内部状態部132は、その内部状態を一定に保つため、すなわち、恒常性を保つために必要な行動に対するモチベーション生成部 (Motivation Creator) に対して、内部状態を保持するために必要な行動を促す信号を送信する部分である。

【0119】2つ目の知覚用内部状態部131は、内部 20 センサー或いは外部センサーからの入力を解析し、内部状態管理部へ解析結果を入力する部分である。ここで、センサー信号解析は、本来の動物であれば、血液中の糖分の割合等から検出される食事に関する情報や疲労に関する情報等にあたる。ロボット装置1においては、バッテリー残量解析等がそれにあたるが、ロボット装置1においては、擬似的な食欲などを想定し、適当な行動 (Action) を行うことで擬似的に内部状態を一定に保つための入力信号を作り出している。

【0120】3つ目の情動部133は、内部状態の変化 30 より快、不快などを生成し、喜び、怒りなどに対応する情動 (emotions) を生成する部分である。この情動部133は、2次情動とも呼ばれ、内部情動 (これを1次情動という。) の満たされ具合により快、不快信号などを発生する。さらに情動部133では、この快、不快信号と覚醒度、確信度などからいわゆる喜び、悲しみ、怒りなどの情動を生成する。2次情動は、情動表出のための動作、例えば顔の表情生成やそれに対応するLEDの光パターン生成等に利用される。

【0121】この内部状態の変化は、図12に示すよう 40 に、学習用メモリ (Associative Memory) 140の学習のタイミングに使用される。これは換言すれば、学習は、内部状態が大きく変化したときに行うということである。また、内部状態と情動状態とはそれぞれ行動 (Behavior) 生成部のモチベーション生成部 (Motivation Creator) に入力され、それぞれの行動動機の起因として利用される。

【0122】(3-6)未知刺激の知覚 (PERCEPTION FOR UNKNOWN STIMULI)

実世界におけるロボット装置1の開発において「認識」 50

は大きな課題とされている。特に、実環境下における実時間認識では、様々な要因で変化する入力を既に学習してある情報と同一視すべきか、それとも新規な刺激と判断するかが大きな問題を生じる。

【0123】近年、このような認識の分野において大きな成果を得ている手法として、統計的パターン認識 (Statistical (or probabilistic) Pattern Classification) がある。これは、特徴空間に分布する入力サンプルをリスク関数最小化を統計的問題として扱い、そのためのパラメータを求める認識手法である。後述する発話認識として現在主流とされているHidden-Markov-Model (以下、HMMという。) もこの範疇の認識手法であり、また、画像認識においても代表的な認識手法である。

【0124】本システムでは、この統計的パターン認識手法を用いて入力が未知のオブジェクトなのか、それとも既知のオブジェクトなのかを判断している。

【0125】統計的パターン認識では、オブジェクトがそのプロトタイプであるか否かを確率或いは尤度を与えており、この確率或いは尤度を用いて、オブジェクトが未知刺激なのか既知の刺激なのかの識別を行っている。さらに、あるセンサーチャンネルの特徴空間における距離が近く、このチャンネルだけでの判別が困難な場合でも、他のチャンネルを用いた場合、優位な差が観測され、もとの空間における識別パラメータの調節を行うことなどもできる。

【0126】(3-7)感情が記憶される学習用メモリ (ASSOCIATIVE MEMORY WITH EMOTIONS) 学習用メモリ (Associative Memory) は、各知覚用チャンネル (Perceptual Channel) の出力により内部状態が変化したことをトリガーに学習を行うためのものである。ここで、学習とは、具体的には、そのようにトリガーとされた内部状態の変化と、内部状態を変化させた、すなわち内部状態に影響を与えた対象物とを連想記憶することである。

【0127】ここで、内部状態の変化は、例えば上述の「(3-5)内部状態変化と情動 (INTERNAL VARIABLES AND EMOTIONS)」において述べた、センサー信号解析において実際にセンスできる量 (関節で消費される電流等) と擬似的にセンスする量 (擬似的な食べ物に対して食べるという動作をしていることの検出) をもとに生じるものである。ここで、関節で消費される電流とは、例えば動作された回数等により決定されるもので、例えば、「疲れ」の要因を構成する。

【0128】連想としては、知覚チャンネル (Perception Channel) から送られてくるプロトタイプ (prototype) の番号とそのプロトタイプ (prototype) に属する確率或いは尤度をもとに、同時に生じている事象の結び付きを学習している。ここでいう事象の中には、行動生成を介して送られてくる対象物に対する名称等のいわゆる

物理関連シンボル (Physically Grounded Symbol) も含まれており、これも学習として獲得する。

【0129】さらに、同時に、トリガーとなる内部状態の変化と対象物に対して行った行動を同じく連想記憶する。これにより、その対象物にどのような行動をとれば、どのような内部状態の変化が起こるかが記憶されたことになる。このような学習が情動関連シンボル (Emotionally Grounded Symbol) の獲得になる。

【0130】ここで、情動 (Emotion) とは、直接的には内部状態の変化であるため1次情動と称されるものであるが、1次情動の変化により2次情動を生じさせることができるため、恐怖などにも関連付け (Grounded) されたシンボル (Symbol) である。

【0131】(3-8) サブシステム及び行動 (SUBSYSTEMS AND BEHAVIORS)

行動は、図10に示すような分類可能な複数の行動群とされるサブシステム (subsystem) 115₁ ~ 115_n に基づいて制御されている。サブシステム 115₁ ~ 115_n は、階層構造でかつツリー構造をもつものであり、最上位層が実際のサブシステムになる。

【0132】例えば、上述の文献6にてArkinらが報告している動物行動学の研究において、canny behaviorとして必要十分と思われるサブシステムを挙げている。文献6にて報告されている技術の特徴は、図11に示すように、サブシステムの1つである摂食行動 (Investigative) を情報を食べる、という行動として定義していることである。例えば、摂食行動 (ingestive) というサブシステムは、食べ物 (電気) を食べる、という行動として定義されている。これにより、理想的にはバッテリー残量を内部状態として、それをある範囲内に保つような行動を生成し、バッテリーが少なくなれば、充電場所の探索、充電欲求、あるいは自動充電という行動を生成するモチベーション (Motivation) を生成することが可能とされている。

【0133】本システムでは、このような考え方を情報獲得のステップにおいて導入し、内部状態の項目として“新規情報の学習量”に対応するものを設け、時間等の因子により、減少するような内部状態のダイナミクスを定義している。そして、このような内部状態のダイナミクスでは、バッテリーの場合と同様に“学習量”に応じた行動を生成するようにする。すなわち例えば、ロボット装置1は、“学習量”をある範囲内に保つように行動し、また、“学習量”が少なくなれば新規情報を獲得するために、未知対象物の探索、未知対象物が外的刺激として存在すれば、それに接近して、指をさし、“what is this? (これは何?)”という行動をし、或いは人が発話した名前を連想記憶で学習する、という行動を生成するようにする。ここで、学習量は、例えば、その学習対象物の特徴に応じて決定されたり、また、学習量は経時的に減少するようにする変化量である。

【0134】さらに、もし対象物の名前を学習したが、それが内部状態に対してどのような意味があるかを獲得する行動を定義することもできる。これは、その対象物にある行動を試して、内部状態が変化したときにその行動 (action) と内部状態変化を連想学習する、ということで実現することができる。

【0135】(4) 実際のロボット装置への適用 (IMPLEMENTATION)

(4-1) 4足歩行型のロボット装置の構造 (Enhanced Four-legged Robot Platform)

上述のシステムが実装された4足歩行型のロボット装置1について説明する。図13には、ロボット装置1を構成として備えたネットワークシステムの一例を示している。

【0136】このネットワークシステムにおいて、ロボット装置1は、無線LAN用カード (wireless LAN card) 161を用いることにより、TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) のプロトコルを用いてネットワークに接続している。

【0137】ロボット装置1は、例えば、MIPS R4XXXの約100MIPSの特性を持つCPUと16MBのメインメモリとを備えている。そして、このロボット装置1は、出力としてprimitive behaviors (basic posture transition, to search an object, to track an object, to close to an object, to kick an object, to eat an object, etc) 等の実行するソフトウェアと発音記号列を入力とするSpeechのオブジェクト (object) とを備えている。また、ロボット装置1は、目に対応するLEDを用いていくつかの表情をつくるコマンドも用意されている。

【0138】このようなロボット装置1において、上述したようなシステムが構築されており、ロボット装置1は、例えば、自律行動の一部として情報獲得行動が表出する。

【0139】さらに、このようなロボット装置1が接続されているネットワークシステムにより、ワークステーション163上においてもロボット装置1における処理と同様な処理を実行することができる。例えば、これにより、ワークステーション163上において、ロボット装置1における動作確認をすることができるようになる。ワークステーション163上において処理を行う場合については以下のようになされる。

【0140】ロボット装置1は、入力は画像信号をキャプチャー (capture) し、無線LAN用カード161によって、無線LAN (wireless LAN) を介して画像をアクセスポイント162に送信する。そして、画像は、アクセスポイント162からイーサネット (ethernet) (登録商標) を介してワークステーション163に転送される。

【0141】また、このようなロボット装置1からワー

クステーション163へ画像を転送する場合と同様に、ロボット装置1における関節角度検出やタッチセンサー、加速度センサー等によるセンサー検出情報がワークステーション163に転送される。また、例えば、このようにワークステーション163において処理する場合には、音に関してはロボット装置1のマイクを使わずに、ワークステーション163のマイクで入力することもできる。

【0142】ワークステーション163上では、上述の画像等の入力信号を用いて上述のPerception, Evaluation for internal variable, Behavior subsystem, action selection等を実行する。これらの機能は、例えばLinux上に実装されたOPEN-R（ソニー株式会社が提供するシステム）によりワークステーション上にもロボット装置内と同じようにOPEN-Rオブジェクト（OPEN-R objects）を設計し、それらをネットワーク上で自由に結合することで実現される。例えば、現在はMatlabプログラムとOPEN-R objects on Linuxの混在で動作をしている。

【0143】（4-2）実機の機能と実験結果（Implemented Functions and Experimental Results）
ロボット装置1は、本発明が適用されることにより、最終的には、自律行動の一部としての共同注意による情報獲得行動又は情動確認行動を表出するようになされている。具体的には、ロボット装置1は、図14に示すように、大別して、自律行動（ステップS1）、対象物の入力（ステップS2）及び行動選択（ステップS3）に段階を踏んで、最終的に、共同注意による情報獲得行動や情報確認行動を表出させている（ステップS4）。そして、ロボット装置1は、このような各段階を自律行動の一部として処理している。

【0144】（4-2-1）知覚部（Perception Part）

図10に示すように、知覚部111は、ロボット装置1内に備えられている。具体的には、図12に示すように、知覚部121は、画像を知覚するための色知覚部122及び型知覚部123と、接触を知覚する接触知覚部（触覚部）124と、音を知覚する音声知覚部125とを備えている。

【0145】具体的には、色知覚部122は、対象物の情報から後述の自動カラーセグメンテーションを行う部分であり、型知覚部123は、画像情報に基づいて対象物の型を分析を行う部分であり、また、音声知覚部125は、マイクからの発話入力に対して発話認識をする部分である。以下の説明は、このような各知覚部において*

*なされる処理についての説明になる。

【0146】また、接触知覚部124は、例えば、ロボット装置1の足裏に備えられたいわゆる肉球形状とされたいわゆる肉球センサーからの信号によって対象物への接触を検出する。

【0147】（4-2-1-1）自動カラーセグメンテーション（Automatic Color Segmentation）

色を用いたカラーセグメンテーションが知覚刺激の入力において先ず行われる。カラーセグメンテーションでは、任意の単一色からなる複数のオブジェクトを切り分けることが可能とされている。また、カラーセグメンテーションでは教師なし学習によるクラスタリングアルゴリズムによるものを使用する。

【0148】図15には、人工的に塗ったオブジェクト（図中A）と、そのカラーセグメンテーションの結果（図中B）を示している。また、図16には、人間の手を含む自然画像、人の顔を含む自然画像（図中A）とそのカラーセグメンテーションの結果（図中B）を示している。

【0149】ここで、入力画像は、比較的狭い視野角（53 x 41 度）のカメラよりシステムへの入力時に既にLow pass filterを通り88 x 60 pixelsに落とされたものである。これを考慮に入れ、セグメンテーションは画素（pixel）毎に独立した処理だけで行っている。このようにすることで、図15中B及び図16中Bに示すような良好な結果をほぼリアルタイムに得ることができる。

【0150】また、通常、カラーセグメンテーションは、RGB或いは正規化したRGB空間で行うことが多いが、カメラの信号がY, Cr, Cbフォーマットであることから、(Nr, Nb) = (atan(Cr/Y), atan(Cb/Y))の2次元空間を色空間とする。RGB空間に写像する際に生じる計算量と量子化する際の誤差等を考慮すると非常に効率的な処理である。

【0151】なお、このようなカラーセグメンテーションは、形状解析のための初期処理として用いられる。

【0152】以下に、上述のカラーセグメンテーションにおけるクラスタリングのアルゴリズムの処理ステップ(i)～(vi)の例を示す。

【0153】ステップ(i)では、適当な数のプロトタイプ（prototype）を一様に配置する。

【0154】ステップ(ii)では、下記の(3)式を距離としてすべての画素に対し最も近いプロトタイプ（prototype）へのクラスラベルをつける。

【0155】

【数3】

$$\dots (3)$$

$$d = \sqrt{\frac{d_{hue}^2}{\sigma_{hue}^2} + \frac{d_{sat}^2}{\sigma_{sat}^2}}$$

【0156】ここで、 σ_{hue} 、 σ_{sat} は、図17に示すように、それぞれhueとsaturationに対応する分布であ

り、これらは予め適当なサンプル画像の分布より求めたものであり、一般に $\sigma_{hue} < \sigma_{sat}$ である。すなわち、hue方向の誤差に重みを持たせた距離と考えることができる。

【0157】ステップ (iii) では、もしそのプロトタイプに属する画素が少ない場合はそのプロトタイプを変更する。

【0158】ステップ (iv) では、同じクラスラベルのついた平均位置にそのプロトタイプを移動する。

【0159】ステップ (v) では、もし2つ以上のプロトタイプがある距離以下の場合は1つにまとめる。

【0160】ステップ (vi) では、プロトタイプの位置の更新が少なくなってきたら、或いは適当な回数になったら終了する。それ以外は上述のステップ (ii) に戻って再び処理を開始する。

【0161】なお、図18には、入力画像に対するクラスタリングの様子を示している。図18に示す例では、予め記憶してある肌色領域を分析し、指をさしている方向の検出とその延長線上にある物体の剥き出しを行っている場合を示している。例えば、この情報は、後述の共同注意 (Shared Attention) において使用される。

【0162】(4-2-1-2) 型分析 (Shape Analysis)

型分析 (Shape Analysis) は、大きさ、回転の普遍特徴量であるフーリエ記述子 (FD) を用いている。例えば、この型分析において、カテゴリズは、Fourier Descriptorの空間 (64次元) でのL2ノルムを用いる。入力された物体をFD空間であらわし、もっとも近いプロトタイプとの距離を用いて新規プロトタイプとするかどうかを決定する。なお、図19には、カラーセグメンテーションで切り出された物体の形状分析の結果を示している。

【0163】(4-2-1-3) 発話認識 (Speech Recognition)

発話認識 (Speech Recognition) としてHMMを用いた連続発話認識を用いている。この技術としては、上述の文献5において提唱する技術がある。

【0164】このシステムは、図20に示すように、音声入力部171、複数のHMMを備えたHMMレジスタ172、未知語入力用HMM173及び比較部174を備えている。

【0165】HMMレジスタ172のHMMは、日本語の音韻学習をしたHMMであって、予め必要な単語が登録されている。また、HMMレジスタ172のHMMには、後発的に獲得された単語が学習されているものも含まれている。ここで、例えば、登録されている或いは獲得された単語としては、名詞及び動詞等が挙げられる。入力された音韻系列は、このようなHMMレジスタ172のHMMにおいて確信度として評価される。

【0166】未知語入力用HMM173は、未知語獲得

のためのHMMである。この未知語入力用HMM173は、図21に示すように、全ての音韻モデルをステートとし、全ての音韻ステートに結合している。例えば、未知語入力用HMM173は、図21に示すように、“booruu”という発話入力となされた場合には、“booru”として認識する。

【0167】入力された音韻系列は、既に登録或いは獲得された単語のHMMと、この未知語入力用HMM173とにおいて評価されるが、このとき、確信度 (verification value) を用いて最大にマッチしたHMMとの距離が比較部174において評価される。そして、確信度 (verification value) がある値以上であれば新規音韻系列として新たなラベルをつけ、それがHMMレジスタ172のHMMとして登録される。

【0168】例として、HMMレジスタ172が、HMMとして、“tomare (stop)” と “kere (kick)” という2つの単語が登録されているもののみを有する場合について説明する。図22には、このようなシステムを使用した場合の結果を示している。

【0169】図22において、右側には登録してある単語に対する入力信号の確信度 (verification) の値を示している。なお、この確信度 (verification) の値は低いほど確信度が高い。

【0170】例えば、“tomare” という発話に対して、システムは、“tomoare” という音韻系列の入力であると推定し、その確信度 (verification) の値は0.136である。

【0171】一方、図22において上から3番目の“booru (ball)” という未知語の入力に対しては、最もあうモデルは“tomare”であり、その確信度 (verification) は4.835と非常に大きいためunknown-1という新しいシンボルが割り当てられて、登録される。これにより、システムは、次の発話入力である図22において上から4番目に示す“booru (ball)” の発話入力に対しては、unknown-1に対応するHMMが最も近く、その確信度 (verification) は0.41と小さい値をとり、正しくunknown-1により“booru (ball)” が獲得されるようになる。

【0172】また、このシステムでは、HMMが連続発話認識が可能のため、図22において上から7番目の発話のように“booru kere” に対し、先に獲得した“booru” に対するラベルunknown-1に続き、kereというシンボルを認識することが可能とされている。

【0173】このような発話認識のシステムによって、例えば、けれ、とまれなどである。もし、“ボール” という名詞を獲得すれば、“ボール けれ” という命令によりロボット装置1はボールをけることができるようになる。

【0174】(4-2-1-4) 感情部 (Emotion Par

t)

図23には、内部状態 (Internal Variables) 及びそれに関連する行動 (subsystem) の関係を示している。

【0175】この例では、摂食行動の生理学モデルなどを参考にして、一般的な内部状態保持のために、仮想的な体内栄養貯蔵バッファと排泄用バッファを想定し、その貯蔵量を内部状態として定義している。それらは、例えばEnergy-2 (疑似食物、Fake Food) の量とFake 排泄物 (excrement) の量である。

【0176】例えば、図24に示すように、仮想的な胃 (体内栄養貯蔵バッファ) と仮想的な膀胱又は腸 (排泄用バッファ) とを関連付けることにより、仮想的な胃の貯蔵量の減少が、仮想的な膀胱等の貯蔵量の増加をもたらすようにしている。

【0177】図23に示すように、ある要因で増加或いは減少するようなダイナミクスを持っている。モチベーション生成部 (Motivation Creator) の基本的な動作は、この内部状態変数がある許容範囲に保つために、対応する行動群 (subsystem) のモチベーション (Motivation) を上げることになる。

【0178】また、擬似的 (Fake) な食物や水は主としてロボット装置1の娯楽性 (Entertainment) の目的に実装されると考えられるが、その他に、本来の意味での電気Energyや疲労に相当する内的状態変数も存在している。これらも図23に示す増加、減少要因によりダイナミクスを構成し、対応するサブシステム (subsystem) のモチベーション生成部 (motivation creator) はこれを一定に保つよう行動の動機を与えるようになっている。ただし、ロボット装置1がいわゆる充電装置に自律行動として装着するような自動充電行動も考えられるが、このような自動充電行動を備えていない場合には、

【0179】また、連想記憶に獲得される情報においても同様な内部状態変数を用意する。連想記憶で仮想的な意味の内部獲得情報量を計算し送られてくる。この場合、忘却がなければ連想記憶の内部情報量は増加するのみであるが、忘却を実装してなくても良い。適当な時間範囲内の各情報量の積分を増加要因、時間的減少要因の簡単なダイナミクスを構築して情報獲得行動サブシステムの動機を構成している。

【0180】(4-2-1-5) 学習用メモリ部 (Associative Memory Part)

図25には、ロボット装置1が情報獲得に使用する学習用メモリ (Associative Memory) 140の具体的な構成を示している。学習用メモリ140は、図25に示すように、短期用メモリ181、長期用メモリ182及び注意対象用メモリ183を備えている。この学習用メモリ140は、具体的には、図12に示すように備えられている。

【0181】学習用メモリ (Associative Memory) 14

0は、このような構成により、ある色とある形で1つの名前をもつ記憶部として機能し、さらに、そのものがロボット装置1の内的状態に対してどのような意味を持つかの記憶部として機能する。

【0182】短期記憶用メモリ (Short Term Memory、STM) 181において、画像内のID番号付けられた物体の情報が貯蔵される。このとき物体の情報は、色のプロトタイプ番号 (CP-i) と形状のプロトタイプ番号 (SP-j) の情報である。また、短期用メモリ (Short Term Memory) 181には、音声処理から入力される1発話分の単語系列が入力される。

【0183】画像からのデータは、色のプロトタイプ番号 (CP-i) 及び形状のプロトタイプ番号 (SP-j) を入力として、物体の名称 (HMM-k) と内部状態への影響 (Delta-I) を得て、これらをひとまとめとされて図12に示すように、行動生成部 (Behavior Generator) 150に送られる。もし、物体の名称 (HMM-k) と内部状態への影響 (Delta-I) が得られない場合は、そこを空白 (nil) 情報をして送られる。発話データはそのまま行動生成部 (Behavior Generator) 150に送られる。

【0184】一方、行動選択部 (Action Selection) 116において行動 (Action) とその対象物体 (Obj-ID) が選択されるが、この情報は後述する行動ステートマシン (Behavior State Machine) から学習用メモリ (Associative Memory) 140に送られてくる。この対象物体 (Obj-ID) に対応する情報は、短期用メモリ (Short Term Memory) 181から注意対象用メモリ (Attention Object Memory、AOM) 183に貯蔵される。なお、そのとき短期用メモリ (Short Term Memory) 181に入っている発話された単語系列はそのまま注意対象用メモリ (Attention Object Memory) 183に送られる。

【0185】注意対象用メモリ (Attention Object Memory) 183から本来の学習用メモリ (Associative Memory) として機能する長期用メモリ (Long Term Memory) 182に対する学習のタイミングは、内部状態変化をトリガーとして行われる。これにより、ある対象物 (Object) に対するあるアクションをしている際に内部状態が変化することにより、その対象物に関連付けて内部状態変化が記憶される。

【0186】(4-2-1-6) 行動生成部 (Behavior Generation Part)

ここでは、ロボット装置1の行動を規定するサブシステムのうちの情報獲得行動サブシステムについて説明する。図26に示すように、情報獲得行動サブシステム151は、階層構造を有するものとして構成されている。

【0187】行動のサブシステム層に1つのソフトウェアオブジェクト (software object) が存在する。

【0188】このソフトウェアオブジェクト (software object) のモチベーション生成部 (Motivation Crea

10

20

30

40

50

r) 101は、上述の1次的内部記憶量が適当な範囲から外れるとモチベーション値 (motivation value) が出力されるように構成されている。

* 【0189】

【数4】

$$MC_val = 1 - \tanh \left(\ln_val \right) + \varepsilon \quad \dots (4)$$

【0190】一方、リリースメカニズム (Release Mechanism) 102は、学習用メモリ (Associative Memory) 140から送られてくる対象物 (Object) を調べることによってなされる。リリースメカニズム (Release Mechanism) 102では、現在未知のもの、と人間による指さしに関する知覚 (release) 因子を考慮している。ここで、例えば、知覚因子は、対象物 (Object) の名前 (Obj:Name)、Colorの名前 (Color:Name)、Shapeの名前 (Shape:Name)、その対象物 (Object) の内部状態変化への影響 (Act:Delta-I) である。

【0191】リリースメカニズム (Release Mechanism) 102は、知覚因子として得られたものに、情報の定義がなされていなければリリース信号 (Release signal) を創出する。そして、リリースメカニズム (Release Mechanism) 102が出力するリリース信号 (release signal) の値は、1つの対象物に対しての未定義の数を累積したものととしてその物体に対応されて決定されている。例えば、対象物の名前 (Obj:Name) と内部状態変化への影響 (Act:Delta-I) のみを対象とすることもできる。

【0192】そして、リリースメカニズム (Release Mechanism) 102は、存在している対象物に対してリリース信号 (release signal) を評価し、その値が最も大きな対象物を選択して、その選択した対象物 (Obj) を特定するIDとリリース信号 (release signal) を出力する。

【0193】例えば、対象物としてリングが特定した場合には、ロボット装置1には、上述したような型分析やカラーセグメンテーションを使ってその型や色を分析して、知覚因子としてのColorの名前 (Color:Name)、Shapeの名前 (Shape:Name) を評価する。リングが予め登録されているような場合には、評価値が高いものとして得られ、これにより対象物がリングであることが認識される。そして、その選択した対象物とされるリングを特定するIDとそのときのリリース信号 (release signal) が出力される。また、リングが予め登録されていない場合には、未定義の数を累積し、これを、未知の対象物としてのリングに対応させる。

【0194】一方、リリースメカニズム (Release Mechanism) 102は、人間による指さしに関しては、さらに大きなリリース信号 (release signal) を生成するよ

うに設定されている。そして、リリースメカニズム (Release Mechanism) 102は、指差しによる物体検出がなされた場合には、その物体が未知であるか既知であるにかかわらずリリース信号 (release signal) を生成している。これは、指さしが明らかに人間から情報獲得或いは情報確認の要求であり、内部状態に大きく依存せずに情報獲得行動を誘引させたい、或いは既知のものに対して確認行動をとらせる、という考えによるものである。

【0195】そして、情報獲得行動サブシステム151では、このリリース信号 (release signal) とモチベーション値 (motivation value) とを乗算したものを行動評価値 (behavior value) として得る。また、同様に、Eating等を規定する他の各サブシステム (subsystem) においても、情報獲得行動サブシステム151に入力されたリリース信号 (release signal) とモチベーション値 (motivation value) とを用いて、行動評価値 (behavior value) を得る。

【0196】そして、行動選択部116において、各サブシステム (subsystem) からの行動評価値 (behavior value) を比較し、最も大きな行動評価値 (behavior value) を持つサブシステム (subsystem) が実行するサブシステムとして選択される。ここで説明では、このような評価値の比較により、情報獲得行動サブシステム151における行動評価値 (behavior value) が最大とされた場合となる。

【0197】なお、選択されたサブシステム (subsystem) は、しばらく選び続ける必要があるが、これは、例えば、相互抑制や疲労要因 (fatigue factor) などによって実現することができる。

【0198】情報獲得行動サブシステム151が選択されると、図26に示すように、次にモード (Mode) MDと呼ばれる階層に進む。モード (Mode) MDでは、同様に、情報の選択処理がなされるが、具体的には、モード (Mode) では、上位層の選択が指さしによる物体か、自ら選択した物体、すなわち未知の物体か、が区別される。このモード (Mode) MDにおいて、区別がなされると、図26に示すように、その下層とされるモジュール (Module) MJといわれる層において、具体的な行動に対する評価がなされる。この評価に基づいて、行動選択部116において、具体的な行動の選択がなされる。

【0199】これにより、ロボット装置1は、例えば、対象物が既知のものであれば、その確認行動をとるようになり、対象物が未知のものであれば、獲得行動をとるようになる。例えば、情報獲得行動は、対象物の名前 (Obj:Name) と内部状態変化への影響 (Act:Delta-Int) とで2種類の情報獲得がなされた場合には、サブシステム (subsystem) のところで最大値評価を与えた対象物を調べどちらかが選択されるようにすることもできる。

【0200】例えば、確認行動を実行する場合の処理としては、その確認行動に対応するステートマシンに命令が送られ、その名前の確認行動が実行される。そして、ロボット装置1は、人間が指でさした物体を視覚的なトラッキング (Visual Tracking) をしながら近づき、それからその物体を指でさし、すなわち前脚でさし、“これはXXですね?”等といったような行動を表出させる。このような行動は、そのような行動を規定する行動シーケンスが記述されたステートマシンにより制御することにより実現される。

【0201】対象物の名前 (Obj:Name) の獲得行動をする場合の処理としては、その出力が対応する対象物の名前 (Obj:Name) の獲得のためのステートマシンに送られる。対象物の名前 (Obj:Name) の獲得行動においては、その対象物に対して視覚的トラッキング (Visual Tracking) をしながら接近し、指をさし、“これはなんという名前?”等という行動を表出させる。また、このとき、対象物との距離を用いて適切な行動制御がなされる。このような行動は、そのような行動を規定する行動シーケンスが記述されたステートマシンにより制御することにより実現される。

【0202】そして、“これはなんという名前?”に引き続き、入力された発話認識部からの出力に有効なものがあれば、その音韻系列を繰り返して確認するようなステートマシンを組み込むこともできる。

【0203】一方、内部状態変化への影響 (Act:Delta-Int) による獲得行動、すなわち、内部状態変化に基づく未知の対象物に対する獲得行動が選択されると、その対象物に対していくつかの行動をランダムに選択して実行する。そして、そのときに生じる内部状態変化への影響 (Delta-Int) を連想記憶で評価する。これにより、この対象物が内部状態に関連付け (Grounding) されるので、新たな対象物に対する内部状態変化への影響が意味獲得としてなされるようになる。

【0204】例えば、リングを見て、そのときに内部状態が「快」に変化した場合には、その内部状態の変化を、対象物であるリングに対応させてる。以後、ロボット装置1は、リングを快として意味解釈するようになり、これにより、リングの意味獲得がロボット装置1においてなされたことになる。以上のように、ロボット装置1は、本発明が適用されることにより、自律行動の一

部として情報獲得行動を表出させて、最適な挙動としての共同注意を実行し、さらには、そのような情報獲得行動において、内部状態の変化として得られる未知の対象物の意味を獲得することができる。これにより、ロボット装置1は、よりライフライク (Life-like) に近づけられたものとなる。

【0205】なお、上述したような、ロボット装置1への本発明の適用は、例えばソフトウェアとよって実現可能とされるものである。

【0206】

【発明の効果】本発明に係るロボット装置は、自律行動の一行動として情報獲得行動をさせる行動制御手段を備えることにより、自律行動の一行動として情報獲得行動を表出することができる。

【0207】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、ロボット装置の自律的行動の一行動として情報獲得行動をさせることにより、ロボット装置は、自律的行動の一行動として情報獲得行動を表出することができる。

【0208】また、本発明に係るロボット装置は、対象物の意味を獲得する意味獲得手段を備えることにより、対象物の意味を獲得することができるようになる。

【0209】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、内部状態に基づいて行動をしているロボット装置が対象物に対する行動をしたときの、内部状態の変化を当該対象物の意味として獲得することにより、ロボット装置は、内部状態に基づいて行動をし、対象物に対する行動をしたときの内部状態の変化を当該対象物の意味として獲得することができる。

30 【0210】また、本発明に係るロボット装置は、音声入力手段と、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルと、音声入力手段になされた発話入力を、単語系列特徴モデルに基づいて評価する発話入力評価手段と、発話入力評価手段の評価値に基づいて、発話入力の単語系列を特定する単語系列特定手段とを備えることにより、音声入力手段になされた発話入力を、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルに基づいて発話入力評価手段により評価し、発話入力評価手段の評価値に基づいて、発話入力の単語系列を単語系列特定手段により特定することができる。これにより、ロボット装置は、入力された発話を最適な単語系列として特定することができる。

40 【0211】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、音声入力工程と、音声入力工程にてなされた発話入力を、発話した際の単語系列の特徴量に基づいて区分けされた複数の単語系列特徴モデルに基づいて評価する発話入力評価工程と、発話入力評価工程にて得た評価値に基づいて、発話入力の単語系列を特定する単語系列特定工程とを有することにより、ロボット装置は、入

力された発話を最適な単語系列として特定することができる。

【0212】また、本発明に係るロボット装置は、自己の学習対象物を指し示す行動制御をする制御手段を備えることにより、自己の学習対象物を指し示す行動をすることができる。これにより、ロボット装置とユーザとの間の共同注意が確実なものとされるようになる。

【0213】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、自律行動するロボット装置が自己の学習対象物を指し示すようにロボット装置の行動を制御することにより、ロボット装置は、自己の学習対象物を指し示す行動をすることができる。これにより、ロボット装置とユーザとの間の共同注意が確実なものとされるようになる。

【0214】また、本発明に係るロボット装置は、対象物を検出するセンサと、センサからの入力信号を評価する知覚用評価部と、知覚用評価部の評価結果が入力され、当該評価結果に基づいて変化する擬似的内部状態を管理する内部状態管理部と、対象物と当該対象物に基づく内部状態の変化との関係を記憶する記憶手段とを備えることにより、対象物が検出された際に、検出された対象物に基づく上記内部状態の変化と上記対象物とを関連させて上記記憶手段に記憶することができる。

【0215】また、本発明に係るロボット装置の行動制御方法は、対象物を検出するセンサからの入力信号を評価する知覚評価工程と、知覚評価工程における評価結果に基づいて変化する擬似的内部状態を管理する内部状態管理工程と、対象物と当該対象物に基づく内部状態の変化との関係を記憶手段に記憶する記憶工程とを有することにより、ロボット装置は、対象物が検出された際に、検出された対象物に基づく上記内部状態の変化と上記対象物とを関連させて上記記憶手段に記憶することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態であるロボット装置の外観構成を示す斜視図である。

【図2】上述のロボット装置の回路構成を示すブロック図である。

【図3】上述のロボット装置のソフトウェア構成を示すブロック図である。

【図4】上述のロボット装置のソフトウェア構成におけるミドル・ウェア・レイヤの構成を示すブロック図である。

【図5】上述のロボット装置のソフトウェア構成におけるアプリケーション・レイヤの構成を示すブロック図である。

【図6】上述のアプリケーション・レイヤの行動モデル

ライブラリの構成を示すブロック図である。

【図7】ロボット装置の行動決定のための情報となる有限確率オートマトンを説明するために使用した図である。

【図8】有限確率オートマトンの各ノードに用意された状態遷移表を示す図である。

【図9】行動を選択する構成部を示すブロック図である。

【図10】知覚によって行動を選択する構成部を示すブロック図である。

【図11】サブシステムの具体例を示す図である。

【図12】行動を選択する構成のより具体的な構成部を示すブロック図である。

【図13】ロボット装置が共同注意により、情報獲得行動又は情報確認行動を表出するまでの一連の手順を示すフローチャートである。

【図14】ロボット装置を含むネットワークシステムの構成を示す図である。

【図15】任意の単一色からなる入力画像のカラーセグメンテーションについての説明に使用した図である。

【図16】人間が含まれた入力画像のカラーセグメンテーションについての説明に使用した図である。

【図17】カラーセグメンテーションのクラスタリングの説明に使用した図である。

【図18】入力画像のクラスタリングの様子を示す図である。

【図19】カラーセグメンテーションにより切り出された外形分析の結果を示す図である。

【図20】発話認識を実現する構成部を示すブロック図である。

【図21】未知語入力用HMMの構成例を示す図である。

【図22】発話認識の結果を示す図である。

【図23】内部状態に関する情報を示す図である。

【図24】仮想的な胃と仮想的な膀胱等の関係を示す図である。

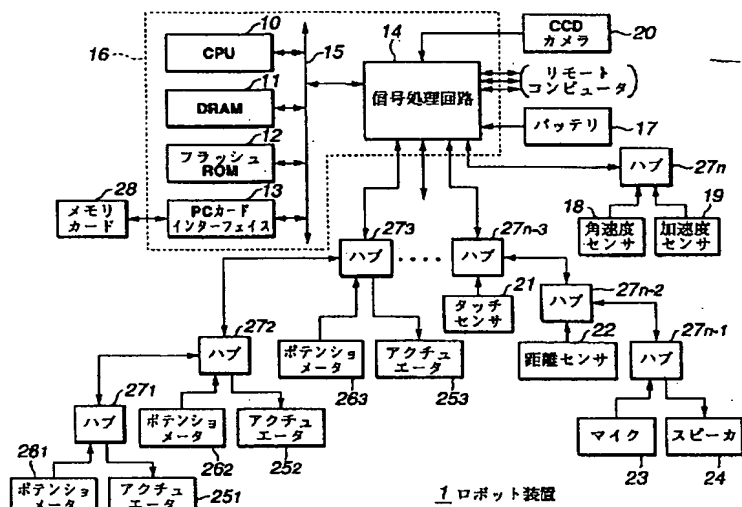
【図25】学習用メモリの構成を示すブロック図である。

【図26】外部刺激、内部状態に基づく情報から、共同注意による情報獲得行動又は情報確認行動を表出するまでの処理を示す図である。

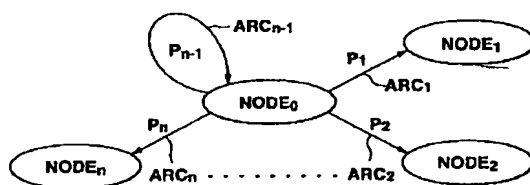
【符号の説明】

1 ロボット装置、10 CPU、101 モチベーション生成部、102 リリースメカニズム、103 動作評価部、111 知覚部、112 知覚用内部状態部、113 内部状態部、114 情動部、115 サブシステム、116 行動選択部、140 学習用メモリ

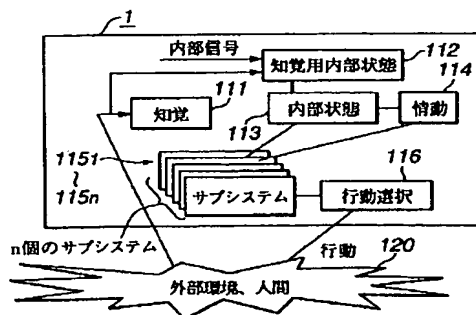
【図2】



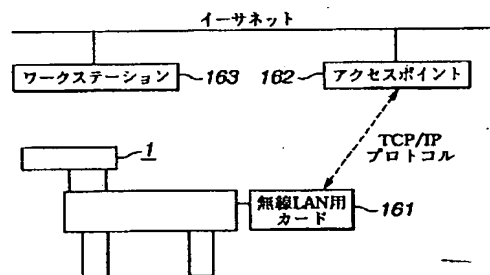
【図 7】



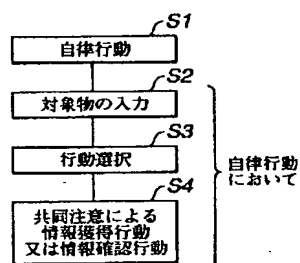
【図 10】



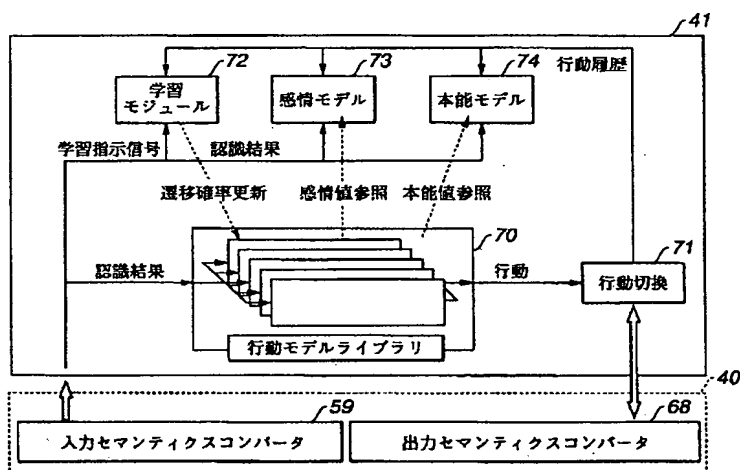
【图 13】



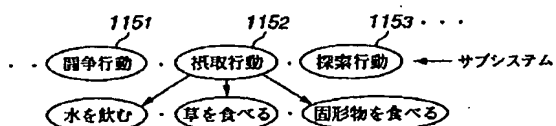
【图 14】



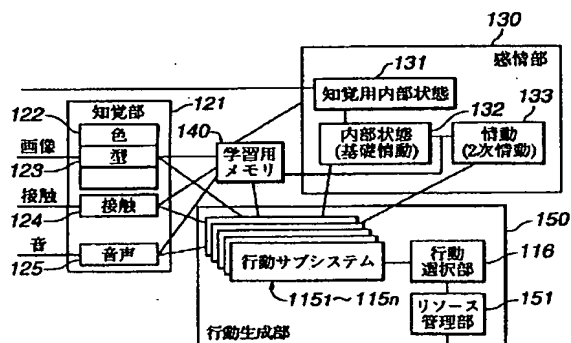
【图 5】



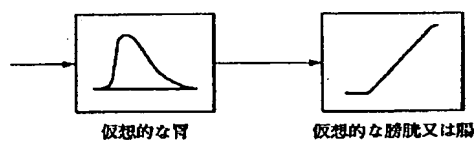
【图 1-1】



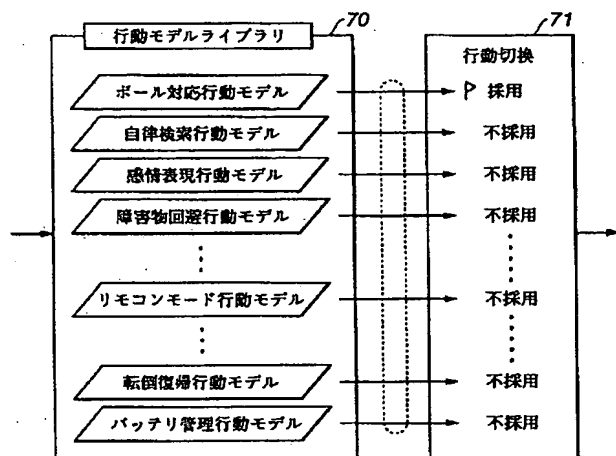
【图 1 2】



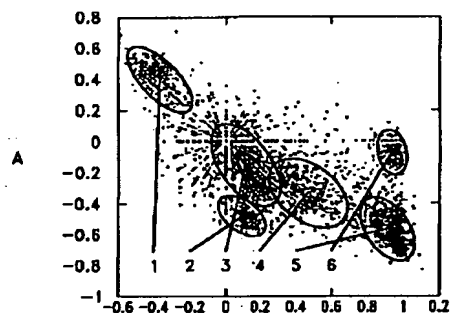
【图 2 4】



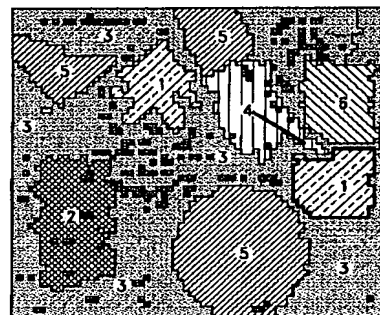
【図6】



【図18】



B

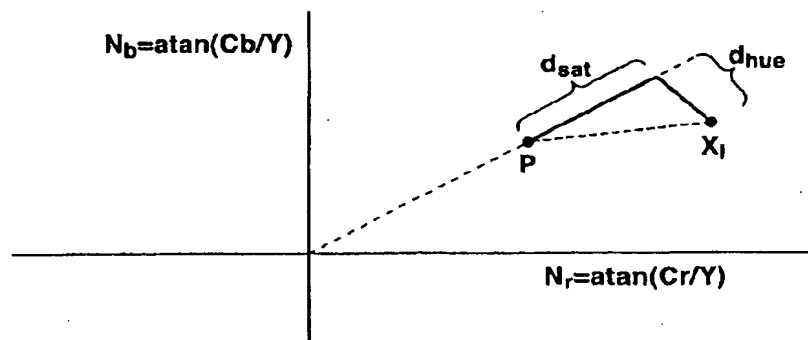


【図8】

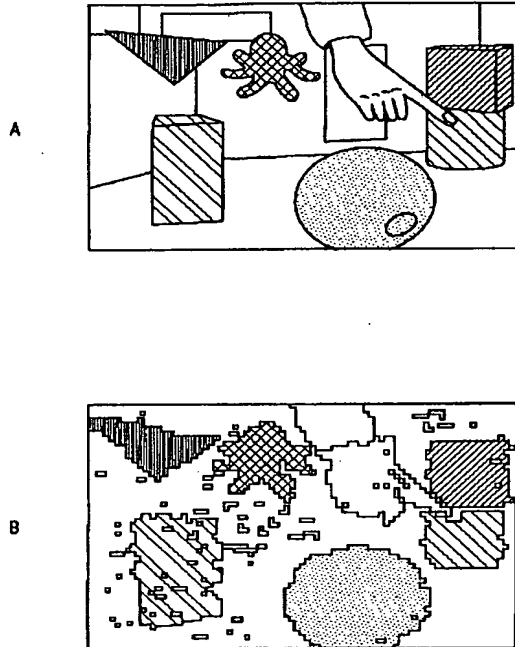
	入力イベント名	データ名	データの範囲	他のノードへの遷移確率 D _i				
node 100				A	B	C	D	n
遷移先ノード				node 120	node 120	node 1000		node 800
出力行動				ACTION 1	ACTION 2	MOVE BACK		ACTION 4
1	BALL	SIZE	0.1000	30%				
2	PAT				40%			
3	HIT				20%			
4	MOTION					50%		
5	OBSTACLE	DISTANCE	0.100			100%		
6		JOY	50.100					
7		SURPRISE	50.100					
8		SADNESS	50.100					

80

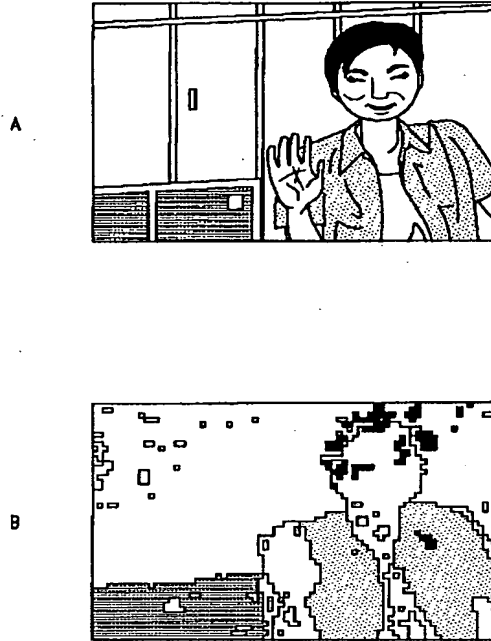
【図17】



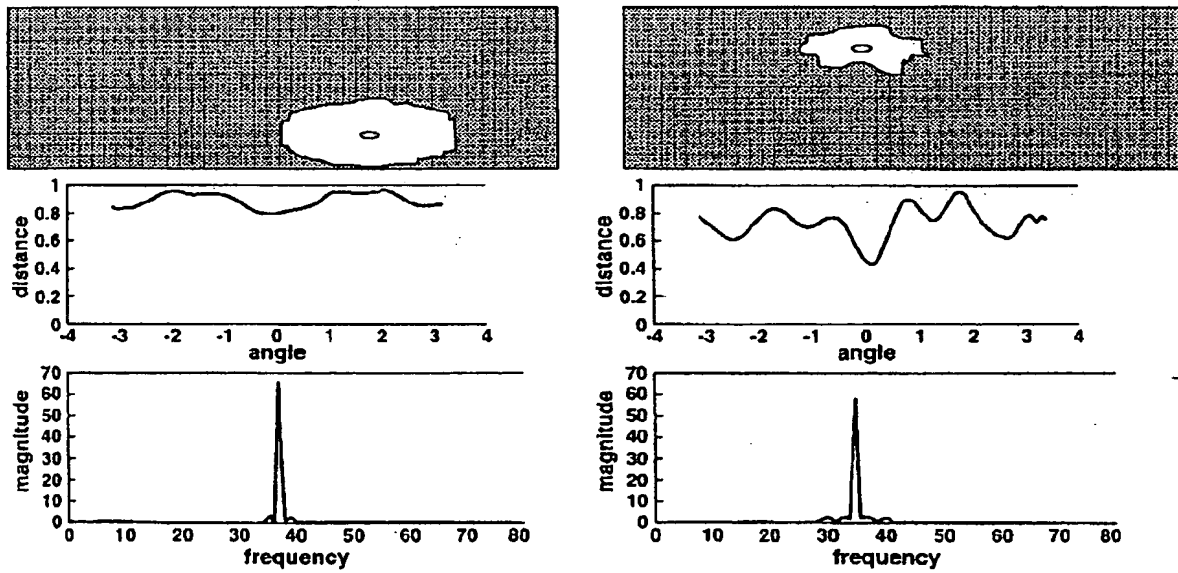
【図15】



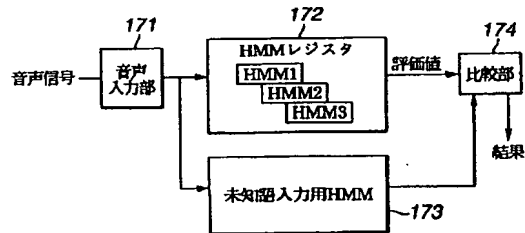
【図16】



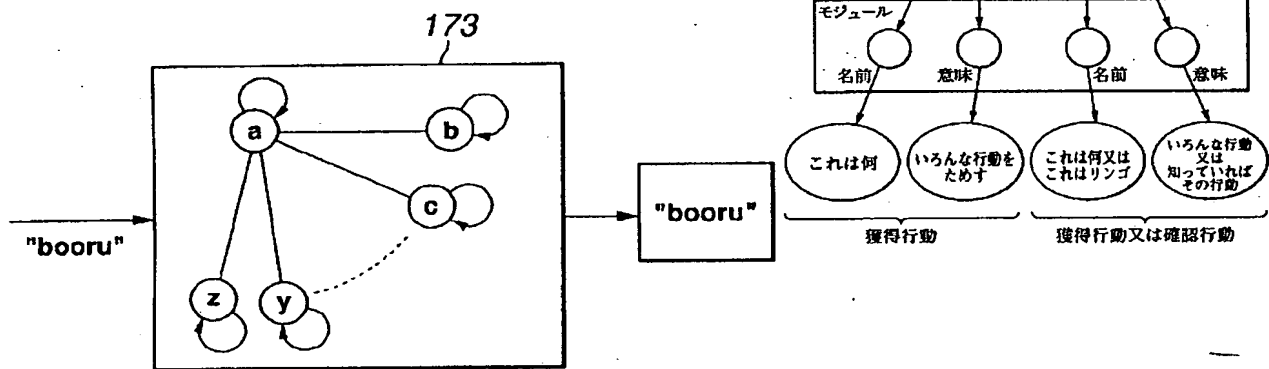
【図19】



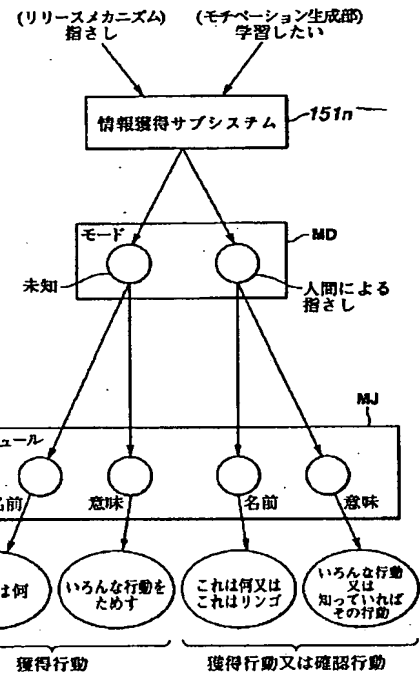
【図20】



【図21】



【図26】



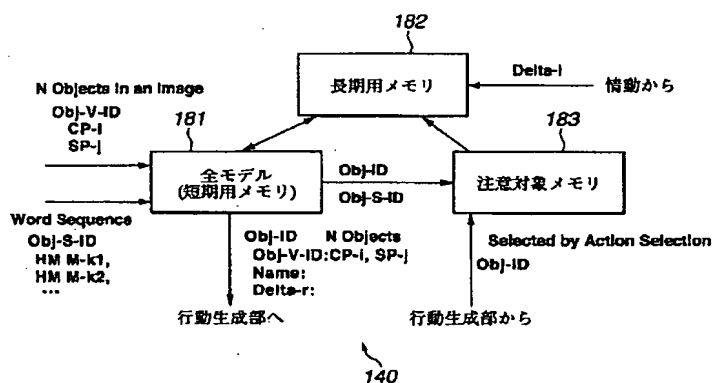
【図22】

No	Uttarance	Meaning	recog result	Estimated Phoneme	Verification Score
1	tomare	stop	tomare	tomare sll	0.136
2	kere	kick	kere	kere	0.001
3	booru	ball	unknown-1	boureits	4.835(tomare)
4	booru	ball	unknown-1	bouruu	0.41
5	booru	ball	unknown-1	ssouruu	0.485
6	tako	octopus	unknown-2	tako	6.170(kere)
7	booru kere	kick a ball	unknown-1 kere	pououzu sil kere	0.956

【図23】

Fatigue	Electricity Consuming	Rest(not using electricity)	Rest
Energy-2	FakeFood	Flow to Excrement Buffer	Eat
Excrement	Flow from Energy-2	Defecation	Defecate
Energy-3	Fake Water	Flow to Urine Buffer	Drink
Urine	Flow from Energy-3	Urinate	Urinate
Information	Information	Time Decay	Information Acquire

【図25】



フロントページの続き

(72)発明者 堀中 里香
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内
 (72)発明者 横野 順
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内
 (72)発明者 ガブリエル コスタ
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内
 (72)発明者 下村 秀樹
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内

(72)発明者 南野 活樹
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内
 Fターム(参考) 2C150 CA01 CA02 DA05 DA24 DA26
 DA27 DA28 DF03 DF04 DF06
 DF33 ED42 ED47 ED52 EF07
 EF16 EF23 EF28 EF29 EF33
 EF36
 3C007 AS36 CS08 KS10 KS31 KS36
 KS39 KT01 LW12 MT14 WA04
 WA14 WB00 WB15 WB19
 5D015 KK01

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-219677

(43)Date of publication of application : 06.08.2002

(51)Int.Cl. B25J 13/00

A63H 11/00

B25J 5/00

G10L 15/00

(21)Application number : 2001-317315 (71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 15.10.2001 (72)Inventor : FUJITA MASAHIRO

TAKAGI TAKESHI

HORINAKA RIKA

YOKONO JUN

COSTA GABRIEL

SHIMOMURA HIDEKI

MINAMINO KATSUKI

(30)Priority

Priority number : 2000314524

Priority date : 13.10.2000

Priority country : JP

(54) ROBOT SYSTEM, AND METHOD OF CONTROLLING BEHAVIOR OF
ROBOT SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To exhibit a behavior for acquiring information in
an automonous behavior.

SOLUTION: This robot system changes emotional movement and the like in a feeling part 130 to exhibit the behavior for acquiring the information as the automonous behavior, based on information obtained by a sensing part 120.

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 05.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Robot equipment characterized by having the behavior control means to which it is robot equipment which carries out autonomous action, and information acquisition action is carried out as 1 action of autonomous action.

[Claim 2] Robot equipment according to claim 1 characterized by the above-mentioned information acquisition action being the language acquisition action which gains language as information.

[Claim 3] It is robot equipment according to claim 1 characterized by the above-mentioned behavior control means carrying out the above-mentioned information acquisition action based on the homeostasis of an internal state by carrying out autonomous action based on the internal state at least.

[Claim 4] It is robot equipment according to claim 3 characterized by making the above-mentioned information acquisition action express when it has the

information acquisition model which makes a parameter the information acquisition avarice as a change factor of the above-mentioned internal state and the above-mentioned behavior control means becomes a threshold predetermined in the parameter of the above-mentioned information acquisition avarice.

[Claim 5] Robot equipment according to claim 4 characterized by the parameter of the above-mentioned above-mentioned information acquisition avarice changing with time.

[Claim 6] Robot equipment according to claim 4 characterized by the parameter of the above-mentioned information acquisition avarice being what shows a feeling of starvation to study.

[Claim 7] Robot equipment according to claim 4 with which the parameter of the above-mentioned information acquisition avarice is characterized by being the amount of information acquisition.

[Claim 8] Robot equipment according to claim 4 with which the parameter of the above-mentioned information acquisition avarice is characterized by being the amount of study of new information.

[Claim 9] It is robot equipment according to claim 8 characterized by making the above-mentioned information acquisition action express when less than a threshold the above-mentioned amount of study is the amount of study which

decreases with time, and predetermined [means / above-mentioned / behavior control] in the above-mentioned amount of study.

[Claim 10] The behavior control approach of the robot equipment characterized by carrying out information acquisition action as 1 action of autonomous action of robot equipment.

[Claim 11] Robot equipment characterized by having a semantic acquisition means to acquire the semantics of an object.

[Claim 12] It is robot equipment according to claim 11 characterized by gaining the change of the above-mentioned internal state when carrying out action of as opposed to [are acting based on the internal state and] the above-mentioned object in the above-mentioned semantic acquisition means as semantics of the object concerned.

[Claim 13] It is robot equipment according to claim 12 characterized by gaining change of the above-mentioned internal state detected by the above-mentioned internal-state monitor means when carrying out action of as opposed to [have an internal-state monitor means to detect the above-mentioned internal state, and] the above-mentioned object in the above-mentioned semantic acquisition means as semantics of the object concerned.

[Claim 14] Robot equipment according to claim 11 characterized by having the associative storage means which associates and carries out associative storage

of the semantics of the object which carried out [above-mentioned] acquisition to the object concerned.

[Claim 15] The behavior control approach of the robot equipment characterized by gaining change of the above-mentioned internal state when the robot equipment which is acting based on the internal state carries out action to an object as semantics of the object concerned.

[Claim 16] The robot equipment [claim 17] carry out as the having-voice-input means, two or more word sequence description model [which were classified based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of speaking], utterance input evaluation means [evaluate the utterance input made by the above-mentioned voice-input means based on the above-mentioned word sequence description model], and word sequence specification means specify word sequence of above-mentioned utterance input based on evaluation value of above-mentioned utterance input evaluation means description The above-mentioned utterance input evaluation means is robot equipment according to claim 16 characterized by having the characteristic quantity detecting element which detects the characteristic quantity about the word sequence of the utterance input made by the above-mentioned voice input means, and the evaluation section which evaluates the characteristic quantity of the utterance input which the above-mentioned characteristic quantity detecting

element detected based on the above-mentioned voice description model.

[Claim 18] Robot equipment according to claim 17 characterized by having a model registration means to register the utterance input concerned as a new voice train description model with the characteristic quantity of the word sequence when evaluation of the characteristic quantity of the utterance input which the above-mentioned characteristic quantity detecting element detected is low.

[Claim 19] The above-mentioned word sequence description model is robot equipment according to claim 16 characterized by having the characteristic quantity of the word sequence acquired by phoneme study.

[Claim 20] The behavior-control approach of robot equipment of carrying out as the having-utterance input evaluation process [of evaluating the utterance input made at a voice-input process and the above-mentioned voice-input process based on two or more word sequence description models classified based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of speaking], and word sequence specification process of specifying word sequence of above-mentioned utterance input based on evaluation value which acquired at above-mentioned utterance input evaluation process description.

[Claim 21] Robot equipment characterized by having the control means which carries out behavior control indicating the study object of self in the robot

equipment which carries out autonomous action.

[Claim 22] Robot equipment according to claim 21 characterized by having the control means which gives priority to the object specified based on the external stimulus, and is made to act as a study object.

[Claim 23] Robot equipment according to claim 21 characterized by pointing to the study object of self as action which shows curiosity.

[Claim 24] It is robot equipment according to claim 21 which is formed in the appearance configuration imitated to the animal equipped with the leg at least, and is characterized by the above-mentioned control means carrying out behavior control which points to the above-mentioned study object by the above-mentioned leg.

[Claim 25] The behavior control approach of the robot equipment characterized by controlling action of robot equipment so that the robot equipment which carries out autonomous action points to the study object of self.

[Claim 26] The evaluation section for consciousness which is robot equipment which carries out autonomous action, and evaluates the input signal from the sensor which detects an object, and the above-mentioned sensor, With the internal-state Management Department which manages the false internal state which the evaluation result of the above-mentioned evaluation section for consciousness is inputted, and changes based on the above-mentioned

evaluation result Robot equipment characterized by what the change and the above-mentioned object of the above-mentioned internal state based on the detected object are related, and is memorized for the above-mentioned storage means when it has a storage means to memorize relation with change of the above-mentioned internal state based on the above-mentioned object and the object concerned and an object is detected.

[Claim 27] Robot equipment according to claim 26 characterized by having further the emotion section which generates a false emotion based on change of the above-mentioned internal state, and memorizing the emotion related information based on the above-mentioned object and the object concerned for the above-mentioned storage means.

[Claim 28] It is robot equipment according to claim 26 have the action generation section further, transmit the 1st signal to the above-mentioned action generation section when the above-mentioned homeostasis is confused, while the above-mentioned internal-state Management Department manages the above-mentioned internal state so that the homeostasis of the above-mentioned internal state may be maintained, and carry out that the above-mentioned action generation section generates the action for maintaining the above-mentioned homeostasis based on the 1st signal of the above as the description.

[Claim 29] Robot equipment according to claim 28 characterized by carrying out

associative storage of the action for maintaining change and the above-mentioned homeostasis of the above-mentioned internal state to the above-mentioned storage means.

[Claim 30] It is robot equipment according to claim 28 which the above-mentioned internal-state Management Department has an information acquisition desire variable, transmits the 2nd signal to the above-mentioned action generation section based on the value of the information acquisition desire variable concerned, and is characterized by the above-mentioned action generation section generating information acquisition action based on the 2nd signal of the above.

[Claim 31] The consciousness evaluation process of evaluating the input signal from the sensor which is the behavior control approach of the robot equipment which carries out autonomous action, and detects an object, The internal-state management process of managing the false internal state which changes based on the evaluation result in the above-mentioned consciousness evaluation process, It has the storage process which memorizes relation with change of the above-mentioned internal state based on the above-mentioned object and the object concerned for a storage means. The behavior control approach of the robot equipment characterized by what the change and the above-mentioned object of the above-mentioned internal state based on the detected object are

related, and is memorized for the above-mentioned storage means when an object is detected.

*** NOTICES ***

JP0 and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the behavior control approach of robot equipment or such robot equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the robot equipment with which the appearance configuration was formed in animals, such as a dog, by imitating is offered. This robot equipment acts like an animal according to the information

from the outside, an internal condition (for example, feeling condition), etc. And there are some which carry out action of kicking a ball in such robot equipment. Furthermore, there is also a thing equipped with the learning function in such robot equipment. For example, a language learning function is mentioned as a learning function.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, one ultimate target in the robot equipment of a pet mold is constituting LIFE-like (Life-like) robot equipment. if this puts in another way -- an opening en -- DITTO (OPEN-ENDED) -- it can be said that a system is built.

[0004] It is bringing close to the target to constitute LIFE-like (life-like) robot equipment from how conventionally complexity is increased and shown. Elements, such as study and growth, are also taken into consideration in it.

[0005] However, the mounting has realized the probability of the probable state machine set up fixed because of action generation by modification or exchange of the whole state machine by strengthening study.

[0006] The generation frequency of action and its pattern change with interaction with a user or the external world, and although the complexity which robot equipment has is increased, they do not exceed the action and the reaction which the designer (programmer) assumed first. The object whose recognition is

similarly enabled by robot equipment is made restrictive, and, thereby, cannot recognize the thing except the programmer having set up. These mean lacking the capacity to determine how it acts to a strange stimulus.

[0007] the opening en exceeding a setup of a designer -- DITTO (OPEN-ENDED) -- it is the following things that it is the need in order to make a system.

(1) Capacity that a strange stimulus can be recognized (2) Capacity which acts as the ** student of the new action (3) When it is taken into consideration to the capacity pan which chooses the suitable action to a strange stimulus that it is robot equipment of a pet mold, especially the capacity that carries out interaction with human being is important. Also when learning various strange matters, it is the fact which is learned through interaction with human being in many cases.

[0008] It is the communication by language which becomes the most important in interaction with human being. It is thought that it becomes the 1st step to acquire the identifier as suitable categorizing and its symbol (Symbol) or to acquire the identifier of the action about the capacity to recognize an above-mentioned strange stimulus of (1). Although this is an area of research called so-called language acquisition, it is pointed out that it is important to have associated especially those symbols physically or to have grounded (Ground).

[0009] Can come, and if Seki is carried out, for example The report by Kaplan (it

Kaplan(s)) F.Talking AIBO: First experimentation of verbal interactions with an autonomous four-legged robot. In it is called reference 1 proceedings of the CELE-Twente workshop on interacting agents, October, 2000, and the following.

The report by Roy and others () [Roy,] [D.and] Pentland A.Learning words from natural audio-visual input, in proceedings of International Conference on Spoken Language Processing, 1998, the following, it is called reference 2. Or

the report by Steels (it Steels(es)) L.Perceptually Grounded Meaning Creation, In proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems, 1996, the following, it is called reference 3. It is mentioned.

[0010] Moreover, about above-mentioned action acquisition of (2), there are what is depended on an imitation (imitation), a thing to depend on reinforcement study (reinforcement learning), a thing to depend on Evolutionary Computing.

[0011] It is related with this. The report by Damasio (A.Descartes[Damasio and]' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain, Putman Publishing Group, 1994, and the following) it is called reference 4. The report by Mataric (it Mataric(s)) M., Sensory-motor primitives as a basis for imitation: Linking perception to action and biology to robotics, it is called reference 5 Imitation in Animals and Artifacts, C.Nehniv and K.Dautenhalm (eds), The MIT Press, 2000, and the following. etc. -- it is mentioned.

[0012] However, about the suitable action to an above-mentioned strange

stimulus of (3), the very primitive thing is only reported in the real world. Or there are only some to which some relate in the imagination world.

[0013] The place which this above-mentioned (3) means is about what kind of semantics that body has to robot equipment to gain [how]. For example, it is ** about whether it is fearful in whether it is food and whether it is a plaything. It is necessary to associate a recognition object physically for that purpose, or to affect the inner condition of robot equipment how it not only to to ground (ground), but, or to relate (ground) and to change into inner conditions (for example, primary emotion, secondary emotion, etc.).

[0014] then, this invention is made in view of the above-mentioned actual condition -- having -- more -- LIFE -- being -like (Life-like) -- it aims at offering the behavior control approach of the robot equipment brought close and such robot equipment.

[0015]

[Means for Solving the Problem] The robot equipment concerning this invention is equipped with the behavior control means to which information acquisition action is carried out as 1 action of autonomous action in order to solve an above-mentioned technical problem. Robot equipment equipped with such a configuration expresses information acquisition action as 1 action of autonomous action.

[0016] Moreover, the behavior control approach of the robot equipment concerning this invention carries out information acquisition action as 1 action of autonomous action of robot equipment, in order to solve an above-mentioned technical problem. By such behavior control approach of robot equipment, robot equipment expresses information acquisition action as 1 action of autonomous action.

[0017] Moreover, the robot equipment concerning this invention is equipped with a semantic acquisition means to acquire the semantics of an object in order to solve an above-mentioned technical problem. Robot equipment equipped with such a configuration acquires the semantics of an object.

[0018] Moreover, the behavior control approach of the robot equipment concerning this invention gains change of an internal state when the robot equipment which is acting based on the internal state carries out action to an object as semantics of the object concerned, in order to solve an above-mentioned technical problem.

[0019] By such behavior control approach of robot equipment, robot equipment acts based on an internal state, and gains change of the internal state when carrying out action to an object as semantics of the object concerned.

[0020] Moreover, in order that the robot equipment concerning this invention may solve an above-mentioned technical problem A voice input means and two

or more word sequence description models classified based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of speaking, It has an utterance input evaluation means to evaluate the utterance input made by the voice input means based on the word sequence description model, and a word sequence specification means to specify the word sequence of an utterance input based on the evaluation value of an utterance input evaluation means.

[0021] Robot equipment equipped with such a configuration evaluates the utterance input made by the voice-input means by the utterance input evaluation means based on two or more word sequence description models classified based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of speaking, and specifies the word sequence of an utterance input by the word sequence specification means based on the evaluation value of an utterance input evaluation means. Thereby, robot equipment specifies the inputted utterance as optimal word sequence.

[0022] Moreover, the behavior control approach of the robot equipment concerning this invention The utterance input evaluation process of evaluating the utterance input made at the voice input process and the voice input process based on two or more word sequence description models classified based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of speaking in order to solve an above-mentioned technical problem, Based on the evaluation value

acquired at the utterance input evaluation process, it has the word sequence specification process of specifying the word sequence of an utterance input. By such behavior control approach of robot equipment, robot equipment specifies the inputted utterance as optimal word sequence.

[0023] Moreover, the robot equipment concerning this invention is equipped with the control means which carries out behavior control indicating the study object of self in order to solve an above-mentioned technical problem. Robot equipment equipped with such a configuration carries out action indicating the study object of self.

[0024] Moreover, in order to solve an above-mentioned technical problem, the behavior control approach of the robot equipment concerning this invention controls action of robot equipment so that the robot equipment which carries out autonomous action points to the study object of self. By such behavior control approach of robot equipment, robot equipment carries out action indicating the study object of self.

[0025] Moreover, the robot equipment concerning this invention is equipped with a storage means memorize the relation between the sensor which detects an object, the evaluation section for consciousness which evaluates the input signal from a sensor, the internal-state Management Department which manages the false internal state which the evaluation result of the evaluation section for

consciousness is inputted, and changes based on the evaluation result concerned, and change of the internal state based on an object and the object concerned in order to solve an above-mentioned technical problem.

[0026] When an object is detected, robot equipment equipped with such a configuration relates the change and the above-mentioned object of the above-mentioned internal state based on the detected object, and is memorized for the above-mentioned storage means.

[0027] Moreover, the behavior-control approach of the robot equipment concerning this invention has the consciousness evaluation process of evaluating the input signal from the sensor which detects an object, the internal-state management process of managing the false internal state which changes based on the evaluation result in a consciousness evaluation process, and the storage process that memorize relation with change of the internal state based on an object and the object concerned for a storage means, in order to solve an above-mentioned technical problem. By such behavior control approach of robot equipment, when an object is detected, robot equipment relates the change and the above-mentioned object of the above-mentioned internal state based on the detected object, and is memorized for the above-mentioned storage means.

[0028]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained in detail using a drawing. The gestalt of this operation is robot equipment of the autonomous mold which carries out autonomous action according to a perimeter environment (or external stimulus) or an internal state.

[0029] First, the gestalt of operation explains the configuration of robot equipment and explains the application part of this invention in robot equipment to a detail after that.

[0030] (1) As shown in the block diagram 1 of the robot equipment by the gestalt of this operation, while considering as the so-called pet mold robot of the configuration which imitated animals, such as a "dog", and connecting the leg units 3A, 3B, and 3C and 3D with front and rear, right and left of the idiosoma unit 2, respectively, the head unit 4 and the tail section unit 5 are connected and constituted by the front end section and the back end section of the idiosoma unit 2, respectively.

[0031] As shown in drawing 2, the control section 16 formed by connecting CPU (Central Processing Unit)10, DRAM (Dynamic Random Access Memory)11, a flash ROM (Read Only Memory) 12, PC (Personal Computer) card interface circuitry 13, and a digital disposal circuit 14 mutually through an internal bus 15 and the dc-battery 17 as a source of power of this robot equipment 1 are contained by the idiosoma unit 2. Moreover, the angular-velocity sensor 18, an

acceleration sensor 19, etc. for detecting the sense of robot equipment 1 and the acceleration of a motion are contained by the idiosoma unit 2.

[0032] Moreover, the CCD (Charge Coupled Device) camera 20 for picturizing an external situation to the head unit 4, The touch sensor 21 for detecting the pressure received by "it strokes" and the physical influence of "striking" from a user, The distance robot 22 for measuring the distance to the body located ahead, LED (Light Emitting Diode) (not shown) equivalent to the microphone 23 for collecting alien frequencies, the loudspeaker 24 for outputting voice, such as a cry, and the "eye" of robot equipment 1 etc. is arranged in the predetermined location, respectively.

[0033] Furthermore, Actuators 251-25n and Potentiometers 261-26n for free frequency are arranged in the joining segment of the joint part of each leg unit 3A-3D, each joining segment of each leg unit 3A-3D and the idiosoma unit 2, the head unit 4, and the idiosoma unit 2, and the list by the joining segment of tail 5A of the tail section unit 5, respectively. For example, Actuators 251-25n have the servo motor as a configuration. Leg unit 3A - 3D are controlled by the drive of a servo motor, and it changes in a target posture or actuation.

[0034] And LED and 251-25n of each actuator are connected with the digital disposal circuit 14 of the control section 16 through the hubs 271-27n corresponding to various sensor lists, such as these angular-velocity sensor 18,

an acceleration sensor 19, a touch sensor 21, a distance robot 22, a microphone 23, a loudspeaker 24, and each potentiometers 261-26n, respectively, and direct continuation of CCD camera 20 and the dc-battery 17 is carried out to the digital disposal circuit 14, respectively.

[0035] A digital disposal circuit 14 incorporates sensor data, and the image data and voice data which are supplied from each above-mentioned sensor one by one, and carries out sequential storing of these through an internal bus 15 in the predetermined location in DRAM11, respectively. Moreover, a digital disposal circuit 14 incorporates the dc-battery residue data showing the dc-battery residue supplied from a dc-battery 17 with this one by one, and stores this in the predetermined location in DRAM11.

[0036] Thus, each sensor data stored in DRAM11, image data, voice data, and dc-battery residue data are used in case CPU10 performs motion control of this robot equipment 1 after this.

[0037] CPU10 stores direct read-out and this in DRAM11 for the control program stored in the memory card 28 or flash ROM 12 with which the PC Card slot which the idiosoma unit 2 does not illustrate was loaded through the PC card interface circuitry 13 at the time of the first stage when the power source of robot equipment 1 was switched on in practice.

[0038] Moreover, CPU10 judges [after this] the situation of self and a perimeter,

the existence of the directions from a user, and influence, etc. from a digital disposal circuit 14 based on each sensor data by which sequential storing is carried out, image data, voice data, and dc-battery residue data to DRAM11 as mentioned above.

[0039] Furthermore, CPU10 can make the head unit 4 able to shake vertically and horizontally, can move tail 5A of the tail section unit 5, or makes it act by making the required actuators 251-25n drive based on the decision result concerned to make it walk by making each leg unit 3A-3D drive etc. while it opts for the action which continues based on the control program stored in this decision result and DRAM11.

[0040] Moreover, in this case, CPU10 generates voice data if needed, by giving this to a loudspeaker 24 as a sound signal through a digital disposal circuit 14, makes the voice based on the sound signal concerned output outside, or turns on, switches off or blinks above-mentioned LED.

[0041] Thus, in this robot equipment 1, it is made as [act / according to the situation of self and a perimeter the directions from a user, and influence / it / autonomously].

[0042] (2) the software configuration of a control program -- here comes to show the software configuration of the above-mentioned control program in robot equipment 1 to drawing 3 . In this drawing 3 , the device driver layer 30 is located

in the lowest layer of this control program, and consists of device driver sets 31 which consist of two or more device drivers. In this case, each device driver is the object allowed to carry out direct access to the hardware used by usual computers, such as CCD camera 20 (drawing 2) and a timer, and processes in response to interruption from corresponding hardware.

[0043] Moreover, the ROBOTIKKU server object 32 With the virtual robot 33 which becomes by the software group which offers the interface for being located in the lowest layer of the device driver layer 30, for example, accessing hardware, such as various above-mentioned sensors and Actuators 251-25n With the BAWA manager 34 who becomes by the software group which manages the change of a power source etc. It consists of a device driver manager 35 who becomes by the software group which manages other various device drivers, and a dither INDO robot 36 which becomes by the software group which manages the device of robot equipment 1.

[0044] The manager object 37 consists of an object manager 38 and a service manager 39. The object manager 38 is a software group which manages starting and termination of each software group contained in the ROBOTIKKU server object 32, the middleware layer 40, and the application layer 41; and a service manager 39 is a software group which manages connection of each object based on the initial entry between each object described by the connection file

stored in the memory card 28 (drawing 2).

[0045] The middleware layer 40 is located in the upper layer of the ROBOTIKKU server object 32, and consists of software groups which offer the fundamental function of these robot equipments 1, such as an image processing and speech processing. Moreover, the application layer 41 is located in the upper layer of the middleware layer 40, and consists of software groups for opting for action of robot equipment 1 based on the processing result processed by each software group which constitutes the middleware layer 40 concerned.

[0046] In addition, the concrete software configuration of the middleware layer 40 and the application layer 41 is shown in drawing 4 , respectively.

[0047] As shown in drawing 4 , the middleware layer 40 The object for noise detection, for temperature detection, The recognition system 60 which has the input semantics converter module 59 etc. in the object for brightness detection, the object for scale recognition, the object for distance detection, the object for posture detection, the object for touch sensors, the object for motion detection, and each signal conditioning module 50 for color recognition - 58 lists, It consists of output systems 69 which have each signal conditioning modules 61-67 for the object for posture management, the object for tracking, the object for motion playback, the object for a walk, the object for a fall return, the object for LED lighting, and sound playback etc. in output semantics converter module 68 list.

[0048] Each signal conditioning modules 50-58 of the recognition system 60 incorporate the data with which it corresponds of each sensor data read from DRAM11 (drawing 2) by the virtual robot 33 of the ROBOTIKKU server object 32, or image data and voice data, perform predetermined processing based on the data concerned, and give a processing result to the input semantics converter module 59. Here, the virtual robot 33 is constituted by the predetermined protocol as a part which carries out transfer or conversion of a signal.

[0049] The input semantics converter module 59 It is based on the processing result given from each [these] signal conditioning modules 50-58. "The fall was detected", ["it is "noisy", hot / "hot" /, and bright", "the ball having been detected"; and] The self of "it was stroked", "it having been struck", "the scale of C-E-G having been heard", "the body which moves having been detected", "having detected the obstruction", etc. and a surrounding situation, the command from a user, and influence are recognized, and a recognition result is outputted to the application layer 41 (drawing 2).

[0050] Application layer 41., as shown in drawing 5 , it consists of five modules, the behavioral model library 70, the action change-over module 71, the study module 72, the feeling model 73, and the instinct model 74.

[0051] As shown in drawing 6 , "when a dc-battery residue decreases", "when

avoiding an obstruction, and expressing feeling", the behavioral model library 70 is made to correspond to the condition item of the shoes "at the time of detecting a ball" etc. chosen beforehand, respectively, and the behavioral models 701-70n which became independent, respectively "are formed ["a fall return is carried out" and] in it."

[0052] And these behavioral models 701-70n The time of a recognition result being given from the input semantics converter module 59, respectively, The parameter value of the corresponding emotion currently held like the after-mentioned at the feeling model 73 if needed when fixed time amount has passed, after the last recognition result is given, It opts for the action which continues while referring to the parameter value of the corresponding desire currently held at the instinct model 74, respectively, and a decision result is outputted to the action change-over module 71.

[0053] In the case of the gestalt of this operation, in addition, each behavioral models 701-70n As the technique of opting for the next action As opposed to the arc ARC1 - ARCn which connect between to each node NODE0 - NODEn for to other nodes NODE0 of which - NODEn it changes from one node (condition) NODE0 as shown in drawing 7 - NODEn The algorithm called the finite stochastic automaton determined probable based on the transition probability P1-Pn set up, respectively is used.

[0054] Concretely, each behavioral models 701-70n are made to correspond to the node NODE0 which forms the self behavioral models 701-70n, respectively - NODEn, respectively, and have the state transition table 80 as shown in drawing 8 for every these node NODE0 - NODEn.

[0055] In this state transition table 80, the input event (recognition result) made into transition conditions in that node NODE0 - NODEn is listed by the train of an "input event name" at a priority, and the further conditions about that transition condition are described by the corresponding line in the train of a "data name" and the "data range."

[0056] therefore, in the node NODE100 expressed in the state transition table 80 of drawing 8 When the recognition result of "detecting a ball (BALL)" is given The range of "magnitude (SIZE)" of the ball given with the recognition result concerned is "0 to 1000", When the recognition result of "detecting an obstruction (OBSTACLE)" is given, they have been conditions for that the range of "the distance (DISTANCE)" to the obstruction done with the recognition result concerned is "0 to 100" to change to other nodes.

[0057] Moreover, in this node NODE100, when there is no input of a recognition result, it also sets. The inside of each emotion held at the feeling model 73 and the instinct model 74 which 701-70n of behavioral models refers to periodically, respectively, and the parameter value of each desire, it was held at the feeling

model 73 -- "-- glad (JOY) -- " -- "-- surprised (SURPRISE) -- " -- or -- "-- feeling sad (SUDNESS) -- " -- when the range of one of parameter value is "50 to 100", it can change to other nodes.

[0058] moreover -- a state transition table 80 -- "-- others, while the node name which can change from the node NODE0 - NODEn in the line of the "transition place node" in the column of transition probability" of NODOHE is listed It is described by the part where it corresponds in the column of transition probability" of NODOHE, respectively. the transition probability to each of other node NODE0 which can change when all the conditions described by the "input event name", the "data value", and the train of "the range of data" are met - NODEn -- "-- others -- the action which should be outputted in case it changes to the node NODE0 - NODEn -- "-- others -- it is described by the line of "output action" in the column of transition probability" of NODOHE. in addition -- "-- others -- the sum of the probability of each line in the column of transition probability" of NODOHE is 100 [%].

[0059] therefore, in the node NODE100 expressed in the state transition table 80 of drawing 8 for example, when the recognition result that it carries out "detecting a ball (BALL)", and the range of "SIZE (magnitude)" of the ball is "0 to 1000" is given It can change to "a node NODE120 (node 120)" by the probability of "30 [%]", and action of "ACTION1" will be then outputted.

[0060] When they are constituted as a lot of nodes NODE0 described as such [respectively] a state transition table 80 - NODEn(s) are connected, and a recognition result is given from the input semantics converter module 59, each behavioral models 701-70n opt for the next action probable using the state transition table of the node NODE0 - NODEn, and are made as [output / to the action change-over module 71 / a decision result].

[0061] The action change-over module 71 shown in drawing 5 chooses from each behavioral models 701-70n of the behavioral model library 70 the action outputted from the high behavioral models 701-70n of the priority beforehand defined among the actions outputted, respectively, and sends out the command (this is hereafter called action command.) of the purport which should perform the action concerned to the output semantics converter module 68 of the middleware layer 40. In addition, in the gestalt of this operation, priority is set up highly about 701-70n of behavioral models written by the bottom in drawing 6 .

[0062] Moreover, the action change-over module 71 notifies that the action was completed based on the completion information of action given from the output semantics converter module 68 after the completion of action to the study module 72, the feeling model 73, and the instinct model 74.

[0063] On the other hand, the recognition result of the instruction received as influence from a user, such as the study module 72 "was struck" among the

recognition results given from the input semantics converter module 59 and "it having been stroked", is inputted.

[0064] And based on the notice from this recognition result and the action change-over module 71, the study module 72 reduces the manifestation probability of that action, when "struck" (scolded), and when "stroked" (praised), it changes corresponding behavioral models [in the behavioral model library 70 / 701-70n] corresponding transition probability so that the manifestation probability of that action may be raised.

[0065] on the other hand, the feeling model 73 -- "-- glad (joy) -- " -- "-- feeling sad (sadness) -- " -- "-- getting angry (anger) -- " -- "-- surprised (surprise) -- " -- "dislike (disgust)" -- and -- "-- afraid (fear) -- " -- the parameter with which the strength of the emotion is expressed for every emotion is held about a total of six emotions. And the feeling model 73 updates the parameter value of each [these] emotion periodically based on the notice from the specific recognition result to which it is given from the input semantics converter module 59, respectively, such as "it having been struck" and "it having been stroked", and elapsed time and the action change-over module 71 etc.

[0066] The recognition result to which the feeling model 73 is specifically given from the input semantics converter module 59, The amount of fluctuation of the action and its emotion when being computed by predetermined operation

expression based on the elapsed time after updating last time etc. of the robot equipment 1 at that time $E[t]$, The multiplier which expresses the sensibility of $E[t]$ and its emotion for the parameter value of the current emotion is set to k_e .

(1) By the formula, as parameter value [of the emotion in the following period] $E[t+1]$ is computed and this is replaced with parameter value [of the current emotion] $E[t]$, the parameter value of the emotion is updated. Moreover, the feeling model 73 updates the parameter value of all emotions like this.

[0067]

[Equation 1]

$$E[t + 1] = E[t] + k_e \times \Delta E[t] \quad \dots (1)$$

[0068] In addition, it is decided beforehand what the notice from each recognition result or the output semantics converter module 68 has effect of on amount of fluctuation $\Delta E[t]$ of the parameter value of each emotion $E[t]$. For example, the recognition result of "having been struck" has big effect on amount of fluctuation $\Delta E[t]$ of the parameter value of the emotion of the "resentment" $E[t]$, and the recognition result of "having been stroked" has big effect on amount of fluctuation $\Delta E[t]$ of the parameter value of the emotion of "joy" $E[t]$.

[0069] Here, the notice from the output semantics converter module 68 is the

so-called feedback information (the completion information of action) of action, and is the information on the appearance result of action, and the feeling model 73 changes feeling also using such information. this -- for example, the feeling level of the resentment falls by action of "barking" -- like -- they are things. In addition, the notice from the output semantics converter module 68 is inputted also into the study module 72 mentioned above, and the study module 72 changes behavioral models [701-70n] corresponding transition probability based on the notice.

[0070] In addition, feedback of an action result may be made with the output (action to which feeling was added) of the action change-over modulator 71.

[0071] on the other hand, "movement avarice (exercise)", "love avarice (affection)", "appetite (appetite)", and "the curiosity (curiosity) of the instinct model 74" are mutually-independent -- the parameter with which the strength of the desire is expressed for these the desires of every is held about four desires the bottom. And the instinct model 74 updates the parameter value of these desires periodically based on the recognition result to which it is given from the input semantics converter module 59, respectively, the notice from elapsed time and the action change-over module 71, etc.

[0072] The instinct model 74 specifically about "movement avarice", "love avarice", and "curiosity" The amount of fluctuation of that the desire of the when

being computed by predetermined operation expression based on the notice from a recognition result, elapsed time, and the output semantics converter module 68 etc. $\Delta I[k]$, The parameter value of the current desire as a multiplier k_i showing the sensibility of $I[k]$ and its desire As parameter value [of that desire in the following period] $I[k+1]$ is computed using (2) types with a predetermined period and this result of an operation is replaced with parameter value [of that current desire] $I[k]$, the parameter value of that desire is updated. Moreover, the instinct model 74 updates the parameter value of each desire except "appetite" like this.

[0073]

[Equation 2]

$$I[k+1] = I[k] + k_i \times \Delta I[k] \quad \dots (2)$$

[0074] In addition, it is decided beforehand what the notice from a recognition result and the output semantics converter module 68 etc. has effect of on amount of fluctuation **[of the parameter value of each desire] $I[k]$, for example, it has effect to amount of fluctuation **[of the parameter value of the "fatigue"] I

[k] with the big notice from the output semantics converter module 68.

[0075] In addition, in the gestalt of this operation, it is regulated so that each emotion and the parameter value of each desire (instinct) may be changed in the range from 0 to 100, respectively, and the value of multipliers k_e and k_i is also set up according to the individual for each [an emotion and] the desire of every.

[0076] On the other hand, abstract action commands, such as it being [which is given from the action change-over module 71 of the application layer 41 as mentioned above] "advance", "it being glad", the output semantics converter module 68 of the middleware layer 40 "cries", as shown in drawing 4 , or "tracking (a ball is pursued)", are given to the signal conditioning modules 61-67 with which the output system 69 corresponds.

[0077] And these signal conditioning modules 61-67 The servo command value which should be given to the actuators 251-25n (drawing 2) in order to perform the action based on the action command concerned, if an action command is given, Or the drive data given to LED of a "eye" are generated. the voice data of the sound outputted from a loudspeaker 24 (drawing 2) -- and -- Sequential sending out of these data is carried out at the actuators 251-25n which correspond through the virtual robot 33 and digital disposal circuit 14 (drawing 2) of the ROBOTIKKU server object 32 one by one, a loudspeaker 24, or LED.

[0078] Thus, in robot equipment 1, it is made based on the control program as

[perform / the situation of self (interior) and a perimeter (exterior), the directions from a user, and autonomous action according to influence].

[0079] (3) application of this invention to robot equipment -- here, the technique to explain is a technique used as the principle for applying this invention to robot equipment.

[0080] (3-1) Explain the outline of a system structure of realizing outline point ** of a system structure, and emotion related symbol acquisition (Emotionally Grounded Symbol Acquisition).

[0081] Here, in building a system first, the following problems are raised, in the system which applied this invention, this is solved and implementation of LIFE-like (life-like) robot equipment which was not able to be attained in the former is aimed at.

(Req-1) How is language acquisition action embedded at an autonomous behavioral system like robot equipment 1?

(Req-2) How is an emotion related symbol (Emotionally Grounded Symbol) constituted?

(Req-3) How is the recognition object in the real world categorized?

(Req-4) How is it ***** about cautions between robot equipment 1 and a man at the same object? That is, how is the problem of joint cautions (Shared Attention) solved?

[0082] The problem was raised first as mentioned above. First, to (Req-1), it solved by unifying the autonomous action generation by the ethology-model (Ethological Model), and the approach of physical relation symbol acquisition (Physically Grounded Symbol Acquisition).

[0083] The autonomous action generation by the ethology-model (Ethological Model) here for example, Arkin's and others report (Arkin, R.C., Fujita, M., Takagi, T., and Hasegawa, and R.Ethological Model ..., submitted to ICRA-2001, and the following) it is called reference 6. The report of Bates () [Bates,] [J.] The nature of character in interactive worlds and the oz project. Technical Report CMU-CS -92-200, Carnegie Mellon University, Oct.1992, the following, it is called reference 6. It is the technique set and advocated.

[0084] Moreover, the approach of physical relation symbol acquisition (Physically Grounded Symbol Acquisition) is a technique advocated in reference 1, above-mentioned reference 2, and above-mentioned reference 3.

[0085] The information acquisition action as action which fills the feeling of starvation about information as one of the autonomous actions especially was defined, and information acquisition action [information] of "eating" is realized as the same subsystem as the action which eats food. As information made applicable to acquisition, it is the mnemonic name and semantics of an object.

[0086] Here, a subsystem is a system which specifies action of robot equipment

1, and this subsystem is in robot equipment 1 also as two or more kinds according to the class of action. And the subsystem is made as [determine / mainly / consciousness or an internal state].

[0087] Furthermore, it solves by associating change of the internal state which is generating the motive of those actions, and the input at that time and action about the above-mentioned emotion related symbol (Emotionally Grounded Symbol) of (Req-2). It is specifically associating change of the internal state over not the internal state itself but an input when there is an input, and when the semantics and its internal state to the individual of the object are fulfilled, relation with emotion remembrance makes it possible.

[0088] Moreover, about (Req-3), the object has been recognized with consciousness (Perception) (Categorize), it is using a model statistical as KATEGO risers (Categorizer), such as a color detected as consciousness, etc., and the recognition object in the real world is categorized appropriately.

[0089] For example A report of El-Nasr and others proposed in the imagination (Virtual) world built in the computer () [El-Nasr, M., Loeger, T., and Yen, J.,]

[PETEEI: A Pet with] it is called reference 8 Evolving Emotional Intelligence, in proceedings of International Conference on Autonomous Agents, 2000, and the following. The difference from Synthesis Creatur set and advocated is the point that robot equipment must be able to operate in the real world. In the body in the

real world, things, such as a color and a configuration, are continuously distributed in each feature space. Furthermore, only by seeing it, if it does not program beforehand whether it is what has what kind of semantics actually, it cannot know. From such a thing, it solved about above-mentioned (Req-3) using the model statistical as a KATEGO riser (Categorizer) of consciousness (Perception) etc.

[0090] It has solved by performing in a natural form using the part of taking the action which observed a certain object into action selection of this ethology-model (Ethological Model) about the problem of above-mentioned joint cautions of (Req-4).

[0091] There are some which are said to an important function as Shared Attention (joint cautions) or Joint Attention by the symbol acquisition (Symbol Acquisition) in the real world. In the report (it is called reference 9 Bruner, J.Learning how to do things with words, in J.Bruner andA.Garton (Eds.) Human growth and development, Wolfson College Lectures, Claredon Press, 1978, and the following.) of Bruner, setting joint cautions (Shared Attention) like an infantile study fault, and carrying out important work is pointed out from cognitive psychology etc. For example, when a small child looks at the direction which put the finger, and the direction of a look automatically, it is the capacity for the side learned the side to teach to share the object to which cautions are turned.

[0092] It has taken in to autonomous action in the natural form in action selection of such joint cautions of an ethology-model (Ethological Model) using the part of taking the action which observed a certain object.

[0093] Hereafter, the behavior control (Behavior Control) in consideration of research (Ethological Study) of ethology is explained briefly first. For example, the above-mentioned reference 6 is mentioned as a technique of the motion control of ethology.

[0094] Subsequently, it describes how information acquisition action is unified with the whole structure for the software of the robot equipment 1 of an autonomous mold, and the solution approach about joint cautions is explained.

[0095] (3-2) Correlation with an external stimulus and an inner condition (Fusion of External Stimuli and Internal Variables)

It is in the point that the consciousness stimulus (Release signal) from the point that action is chosen by an internal state and both of an external stimulus, as for the crucial point in an ethology-model (Ethological Model), and the motivation (Motivation) generation and the external stimulus from an internal state is evaluated independently, respectively, and is associated and (fusion) made into an action evaluation value (Behavior Value) generate time. Thereby, homeostasis action which stops an internal state to a certain within the limits is generable. Here, HOMESUTASHISU action is action expressed so that an

internal state may be kept constant.

[0096] The configuration for evaluating a corresponding internal state and a corresponding external stimulus independently to a certain action is shown in drawing 9 . Moreover, it is a configuration for realizing HOMESUTASHISU action, and action is systematically constituted by drawing 10 , an external environment is understood to it, an external stimulus is obtained to it, and, specifically, the configuration to choose the action to which an internal state is kept constant is shown in it.

[0097] About drawing 9 , the case of feeding behavior (ingestive) is mentioned as an example, and is explained. The motivation generation section (Motivation Creator) 101 evaluates and outputs the motivation value (motivation value) of feeding behavior from internal states whenever hungry. On the other hand, if the release mechanism (release mechanism) 102 has the external stimulus related to feeding behavior, for example, food, it will evaluate and output the consciousness signal (release signal) of the feeding behavior. And the motivation value (motivation value), the release signal, or the consciousness signal (release signal) is evaluated independently.

[0098] The action evaluation section (Behavior evaluator) 103 estimates a motivation value (motivation value) and a release signal (release signal), and the evaluation value of this action [itself] is outputted as an action evaluation value

(behavior value) in it. Two or more such actions exist and it outputs to the action selection section (Action selection) in which each calculates and mentions an action evaluation value (behavior value) later independently. In the action selection section (Action selection), the action which gave the highest evaluation is chosen and the action is performed.

[0099] Here, by making it define it as making it the action which can be returned to the range of a basis, when an internal state shifts the motivation generation section (motivation creator) 101 from the suitable range, if the object of the action exists in the external world, general action definition of going it to gain will be realized, and, thereby, homeostasis action will come to be realized.

[0100] (3-3) Construction of emotion related symbol acquisition (Emotionally Grounded Symbol Acquisition Architecture)

Emotion related symbol acquisition (Emotionally Grounded Symbol Acquisition) has realized information acquisition action to the strange object as a part of autonomous action. The configuration with which emotion related symbol acquisition (Emotionally Grounded Symbol Acquisition) is realized as a part of autonomous action turns into a configuration as shown in drawing 12 . The point in this system construction is as follows.

(i) KATEGO riser of each channel which can distinguish a strange input or a known input.

(ii) Associative storage which memorizes the result of categorizing of each channel to the timing from which an internal state changes.

(iii) Integration by the ethology-model (Ethological Model) of an internal state and an external stimulus.

[0101] The above becomes the point in a system construction. In addition, if an external stimulus is a known stimulus, he is trying to take the autonomous action based on the homeostasis action by the usual ethology target (Ethological Model).

[0102] Moreover, in the emotion related symbol acquisition (Emotionally Grounded Symbol Acquisition) realized with the application of this invention, it is also the description that that object memorizes to what of an internal state it is important, and it differs from the usual physical relation symbol acquisition (Physically Grounded Symbol Acquisition) greatly with this point.

[0103] Thus, in emotion related symbol acquisition (Emotionally Grounded Symbol Acquisition), emotion related (Emotionally Grounded) information is related with the object, and it is considering as information, and makes it possible to evaluate which action (Action) should be carried out by the release mechanism (Release Mechanism) also to a new object by relating an emotion with an object in this way.

[0104] Moreover, by having change of an internal state as associative storage in

relation with an object, when an input of finishing [study] is shown, change of the internal state (internal variables) memorized from associative storage to the secondary emotion (secondary emotion) is outputted, and, thereby, a secondary emotion can also be generated. For example, joy, fear, etc. are made as an emotion (emotion).

[0105] Thereby, corresponding to having seen the object etc., expression can be built as emotion expression action, action selection can be affected, or a modulation can be given to actuation now.

[0106] (3-4) Information acquisition action (Information Eating Behavior)

In order to realize information acquisition action as a part of autonomous action, a subsystem (henceforth an information acquisition action subsystem) with the variable (henceforth an information acquisition variable) relevant to the information acquisition desire as a factor of an internal state is defined as a model in which an internal state is shown.

[0107] For example, the information acquisition variable increases, when associative storage learns to a strange input, and an information acquisition action subsystem is defined as an internal model which decrease in number with time amount. This information acquisition action subsystem will generate the motivation (Motivation) to information acquisition action, if an information acquisition variable will be in a deficiency state.

[0108] Furthermore, in this case, if a release mechanism (Release Mechanism) has a strange input (information), it will generate a release signal (release signal). Thereby, the action which acquires information can be generated now as correlation (fusion) of an internal state and an external stimulus the same with eating food.

[0109] the action which will look for a strange body as a typical thing as concrete action expressed as information acquisition action if information acquisition avarice becomes large -- generating -- further -- it -- receiving -- " -- it is mentioned that this takes question action of what ?" etc. And generally such action is formed as a dialogue between users.

[0110] By building such a system, information acquisition by the dialogue which used curiosity as the base can be realized, and still such information acquisition action can embed now automatically into autonomous action. That is, information acquisition action is realized as an element with the new interaction realized as autonomous action in robot equipment 1.

[0111] (3-5) Joint cautions (Shared Attention)

In the system, Shared Attention or Joint Attention is embedded as inside of natural. In a system structure, action of the information acquisition (Information Eating) based on joint cautions is performed as follows.

[0112] above -- an internal state and an external stimulus -- relating (fusion) --

suppose that information acquisition action was chosen by the action selection section (Action selection) 116.

[0113] The object with which the release mechanism (Release Mechanism) 102 became the reason which takes out a release signal is the target which performs information acquisition. Moreover, if this action was chosen only from the feeling of starvation of an internal state, retrieval is performed and a certain object becomes the target of information acquisition action as that result. Thus, the target which performs information acquisition turns into a target of joint cautions (Shared Attention).

[0114] the case of the information acquisition action resulting from the feeling of starvation of the case led by a robot, i.e., an internal state, -- robot equipment 1 -- the target -- approaching -- a finger -- putting -- " -- when this has human being's attention paid to the object with the question what ?", joint cautions (Shared Attention) are attained.

[0115] On the other hand, when the user has the leadership (i.e., when a target is specified by making into a factor the release signal which the release mechanism (Release Mechanism) 102 took out), cautions are first demanded from a user because robot equipment 1 moves a sound and an object. while a user points out a target with a finger corresponding to this -- " -- although considering a question as what ?" is assumed, this specifies the object put with

the finger as that object with robot equipment 1, when action acquisition action is chosen by this finger and question. Thereby, when the user has the leadership, the joint cautions over the same object (Shared Attention) are attained.

[0116] Thus, in this invention, joint cautions (Shared Attention) are incorporated as a part of general view that attention is paid to a system to the thing currently wanted as an internal state, or what has a strong external stimulus.

[0117] (3-5) Internal-state change and an emotion (INTERNAL VARIABLES AND EMOTIONS)

As shown in drawing 12 , the feeling section (Emotion part) 130 is roughly divided, and consists of the internal-state section 131 for consciousness, the internal-state section 132, and the emotion section 133.

[0118] The 1st internal-state section 132 is a part which manages the dynamics of the internal state itself. A nutrient, moisture, fatigue, curiosity, etc. exist in the internal state here as a variable in false so that it may mention later (drawing 23). However, these internal states may be other internal states which it mentioned above and also can be seen to a living thing or an animal. The internal-state section 132 acts as the monitor of the condition required for the individual maintenance, and detects that it separates from a suitable value. Furthermore, the internal-state section 132 is a part which transmits the signal to which action required in order to hold an internal state is urged to the motivation

generation section (Motivation Creator) to action required in order to keep the internal state constant (i.e., in order to maintain homeostasis).

[0119] The internal-state section 131 for the 2nd consciousness is a part which analyzes the input from an internal sensor or an external sensor, and inputs an analysis result into the internal-state Management Department. Here, if sensor signal analysis is an original animal, it will hit the information about the meal detected from the rate of the sugar in blood etc., the information about fatigue, etc. In robot equipment 1, although dc-battery residue analysis etc. hits it, in robot equipment 1, the input signal for keeping an internal state constant in false by performing suitable action (Action) supposing false appetite etc. is made.

[0120] The 3rd emotion section 133 is parts which generate and are pleased with **, dysphoria, etc. from change of an internal state, and generate the emotion (emotions) corresponding to the resentment etc. It is also called a secondary emotion, an internal emotion (this is called primary emotion.) is fulfilled, and this emotion section 133 generates **, an unpleasant signal, etc. according to condition. Furthermore in the emotion section 133, emotions, such as the so-called joy, sadness, and resentment, are generated from this **, an unpleasant signal and vigilance, reliability, etc. A secondary emotion is used for the actuation for emotion expression, for example, expression generation of a face, the optical pattern generation of LED corresponding to it, etc.

[0121] Change of this internal state is used for the timing of study of the memory 140 for study (Associative Memory), as shown in drawing 12 . I hear that study is performed when an internal state changes a lot, and this has it, if it puts in another way. Moreover, an internal state and an emotion condition are inputted into the motivation generation section (Motivation Creator) of the action (Behavior) generation section, respectively, and are used as a reason of each action motive.

[0122] (3-6) Consciousness of a strange stimulus (PERCEPTION FOR UNKNOWN STIMULI)

Let "recognition" be a big technical problem in development of the robot equipment 1 in the real world. Especially, in the real-time recognition under a real environment, whether it should identify with the information which has already learned the input which changes by various factors, or it is judged as a new stimulus produce a big problem.

[0123] There is statistical pattern recognition (Statistical (or probabilistic) Pattern-Classification) as the technique of having obtained the big result in the field of such recognition in recent years. This is the recognition technique which treats risk function minimization for the input sample distributed over a feature space as a statistical problem, and asks for the parameter for it. Hidden-Markov-Model (henceforth HMM) made into the current mainstream as utterance recognition

mentioned later is also the recognition technique of these criteria, and it is the typical recognition technique also in image recognition.

[0124] In this system, it judges whether an input is a strange object and whether they are it and a known object using this statistical-pattern-recognition technique.

[0125] In statistical pattern recognition, a probability or likelihood is given for whether an object is that prototype, and it is identifying whether an object is a strange stimulus and whether it is a known stimulus using this probability or likelihood. Furthermore, when the distance in the feature space of a certain sensor channel is difficult for distinction only by near and this channel and other channels are used, a dominance difference is observed and it can perform adjusting the discernment parameter in the space of a basis etc.

[0126] (3-7) Memory for study feeling is remembered to be (ASSOCIATIVE MEMORY WITH EMOTIONS)

The memory for study (Associative Memory) is for learning to a trigger that the internal state changed with the outputs of each channel for consciousness (Perceptual Channel). Here, study is carrying out associative storage of change of an internal state specifically made into the trigger such, and the object which the internal state's was changed, namely, affected the internal state.

[0127] Here, change of an internal state is produced based on the amounts (current consumed at a joint) which can actually be sensed in the sensor signal

analysis described in the above-mentioned "an above-mentioned internal-state (3-5) change and an emotion (INTERNAL VARIABLES AND EMOTIONS)", and the amount (detection of carrying out actuation of eating to false food) sensed in false. the current consumed at a joint here -- for example, it is determined by the count which operated and the factor of the "fatigue" is constituted.

[0128] Connection of the event produced in coincidence is learned based on the probability or likelihood which belongs to the number and prototype (prototype) of the prototype (prototype) sent from a consciousness channel (Perception Channel) as association. In the event here, the so-called physical relation symbols (Physically Grounded Symbol), such as a name to the object sent through action generation, are also contained, and this is also gained as study.

[0129] Furthermore, similarly associative storage of the action performed to coincidence to the change and the object of an internal state used as a trigger is carried out. If what kind of action is taken to the object, it will mean that it was memorized by this of what kind of internal state change takes place. Such study becomes acquisition of an emotion related symbol (Emotionally Grounded Symbol).

[0130] Here, directly, since it is change of an internal state, it is called a primary emotion, but since an emotion (Emotion) can produce a secondary emotion by change of a primary emotion, it is the symbol (Symbol) which related (Grounded)

and was made fear etc.

[0131] (3-8) A subsystem and action (SUBSYSTEMS AND BEHAVIORS)

Action is controlled based on the subsystems (subsystem) 1151-115n made into two or more action groups which can be classified as shown in drawing 10 . Subsystems 1151-115n are layered structures, and have a tree structure, and turn into a subsystem with the actual top layer.

[0132] For example, in research of the ethology which Arkin and others has reported by the above-mentioned reference 6, the subsystem considered to be enough required as canny behavior is mentioned. The description of the technique reported by reference 6 is defining the feeding behavior (Investigative) which is one of the subsystems as action of eating information, as shown in drawing 11 . For example, a subsystem called feeding behavior (ingestive) is defined as action of eating food (electrical and electric equipment). Thereby, ideally, by making a dc-battery residue into an internal state, if action which maintains it at a certain within the limits is generated and a dc-battery decreases, it is supposed that it is possible to generate the motivation (Motivation) which generates action called retrieval of a charge location, charge desire, or automatic battery charge.

[0133] Such a view was introduced in the step of information acquisition, the thing corresponding to "the amount of study of new information" was prepared

as an item of an internal state, and factors, such as time amount, define the dynamics of an internal state which decreases in this system. And in the dynamics of such an internal state, the action according to "the amount of study" is generated like the case of a dc-battery. Namely, if robot equipment 1 acts so that "the amount of study" may be maintained at a certain within the limits, and its the "amount of study" decreases, in order to acquire new information, [for example,] If retrieval of a strange object and a strange object exist as an external stimulus, action of learning the identifier which approached it, put the finger, and carried out action called "what is this? (this is what ?)", or people uttered by associative storage will be generated. Here, it is the variation to which the amount of study is determined according to the description of the study object, for example, and it is made for the amount of study to decrease with time.

[0134] Furthermore, although the identifier of an object was learned, the action which gains what kind of semantics it has to an internal state can also be defined. This is realizable by carrying out associative study of the action (action) and internal-state change, when action in the object is tried and an internal state changes.

[0135] (4) Application to actual robot equipment (IMPLEMENTATION)

(4-1) Structure of the robot equipment of a quadrapedalism mold (Enhanced Four-legged Robot Platform)

The robot equipment 1 of the quadrapedalism mold with which the above-mentioned system was mounted is explained. An example of the network system equipped with robot equipment 1 as a configuration is shown in drawing 13 .

[0136] In this network system, robot equipment 1 is connected to a network by using the card 161 for wireless LAN (wireless LAN card) using the protocol of TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

[0137] Robot equipment 1 is equipped with CPU and 16MB of main memory with the property of about 100MIPS of MIPS R4XXX. And this robot equipment 1 is equipped with the object (object) of Speech which considers the software performed [primitive behaviors / (BASIC posture transition, to search an object, to track an object, to close to an object, to kick an object, to eat an object, etc)] as an output, and a phonetic symbol train as an input. Moreover, the command which LED corresponding to an eye is used for robot equipment 1, and builds the expression of shoes is also prepared.

[0138] In such robot equipment 1, a system which was mentioned above is built and information acquisition action expresses robot equipment 1 as for example, a part of autonomous action.

[0139] Furthermore, also in a workstation 163 top, processing in robot equipment 1 and same processing can be performed with the network system to

which such robot equipment 1 is connected. For example, thereby in a workstation 163 top, the check of operation in robot equipment 1 can be carried out now. About the case where it processes on a workstation 163, it is made as follows.

[0140] An input captures a picture signal (capture) and robot equipment 1 transmits an image to an access point 162 through wireless LAN (wireless LAN) with the card 161 for wireless LAN. And an image is transmitted to a workstation 163 through Ethernet (ethernet) (trademark) from an access point 162.

[0141] Moreover, the sensor detection information by the joint include-angle detection in robot equipment 1, a touch sensor, an acceleration sensor, etc. as well as the case where an image is transmitted to a workstation 163 from such robot equipment 1 is transmitted to a workstation 163. Moreover, when processing in a workstation 163 for example, in this way, it can also input with the microphone of a workstation 163, without using the microphone of robot equipment 1 about a sound.

[0142] On a workstation 163, above-mentioned Perception, Evaluation for internal variable, Behavior subsystem, action selection, etc. are performed using the input signal of an above-mentioned image etc. These functions design an OPEN-R object (OPEN-R objects) on a workstation as well as the inside of robot equipment by OPEN-R (system which Sony Corp. offers) mounted for example,

on Linux, and are realized by combining them freely on a network. For example, current is operating by mixture of a Matlab program and OPEN-R objects on Linux.

[0143] (4-2) The function and experimental result (Implemented Functions and ExperimentalResults) of the system

Finally robot equipment 1 is made by applying this invention as [express / the information acquisition action or emotion ascertainment behavior by joint cautions as a part of autonomous action]. It divides roughly, a phase is stepped on to autonomous action (step S1), the input (step S2) of an object, and action selection (step S3), and the information acquisition action and information ascertainment behavior by joint cautions are made to specifically express finally, as robot equipment 1 is shown in drawing 14 (step S4). And robot equipment 1 is processing such each phase as a part of autonomous action.

[0144] (4-2-1) Consciousness section (Perception Part)

As shown in drawing 10 , it has the consciousness section 111 in robot equipment 1. As shown in drawing 12 , specifically, the consciousness section 121 is equipped with the color perception section 122 for perceiving an image and the mold consciousness section 123, the contact consciousness section (tactile-sense section) 124 that perceives contact, and the speech-perception section 125 which perceives a sound.

[0145] The color perception section 122 is a part which performs the below-mentioned automatic color segmentation from the information on an object, and the mold consciousness section 123 is a part which analyzes the mold of an object based on image information, and, specifically, the speech-perception section 125 is a part which carries out utterance recognition to the utterance input from a microphone. The following explanation turns into explanation about the processing made in such each consciousness section.

[0146] Moreover, the contact consciousness section 124 detects the contact to an object with the signal from the so-called **** sensor made into the shape of so-called meat globular form with which the sole of robot equipment 1 was equipped.

[0147] (4-2-1-1) Automatic color segmentation (Automatic Color Segmentation)

The color segmentation using a color is first performed in the input of a consciousness stimulus. In color segmentation, it is supposed that it is possible to carve two or more objects which consist of a single color of arbitration. Moreover, in color segmentation, what is depended on the clustering algorithm by teacher-less study is used.

[0148] The result (inside of drawing (B)) of the color segmentation is indicated to be the object (inside A of drawing) applied artificially to drawing 15 . Moreover, the result (inside B of drawing) of the natural image (inside A of drawing) which

contains the face of the natural image containing human being's hand and a man in drawing 16 , and its color segmentation is shown.

[0149] Here, an input image is already dropped by 88 x 60 pixels through Low pass filter at the time of the input to a system from the camera of a comparatively narrow angle of visibility (53 x 41 whenever). Segmentation is performed only by the processing which became independent to every pixel (pixel), taking this into consideration. By doing in this way, a good result as shown in [B] the inside B of drawing 15 and drawing 16 can be mostly obtained on real time.

[0150] Moreover, although color segmentation is performed in RGB or the normalized RGB space in many cases, since the signals of a camera are Y, Cr, and Cb format (Nr, Nb), it usually makes a color space two-dimensional space of $= (\text{atan} (Cr/Y), \text{atan} (Cb/Y))$. When the error at the time of quantizing with the computational complexity produced in case it maps to RGB space etc. is taken into consideration, it is very efficient processing.

[0151] In addition, such color segmentation is used as initial processing for shape analysis.

[0152] Below, the example of the processing step (i) of the algorithm of the clustering in above-mentioned color segmentation - (vi) is shown.

[0153] At a step (i), a suitable number of prototypes (prototype) are arranged uniformly.

[0154] At a step (ii), the class label to the nearest prototype (prototype) is attached to all pixels by making the following (3) types into distance.

[0155]

[Equation 3]

$$d = \sqrt{\frac{d_{\text{hue}}^2}{\sigma_{\text{hue}}^2} + \frac{d_{\text{sat}}^2}{\sigma_{\text{sat}}^2}} \quad \dots (3)$$

[0156] Here, as shown in drawing 17 , it is distribution corresponding to hue and saturation, respectively, and σ_{hue} and σ_{sat} ask for these from distribution of a suitable sample image beforehand, and, generally are $\sigma_{\text{hue}} < \sigma_{\text{sat}}$. That is, the distance which gave weight to the error of the hue direction can be considered.

[0157] At a step (iii), when there are few pixels belonging to the prototype, the prototype is changed.

[0158] At a step (iv), the prototype is moved to the mean position which the same class label attached.

[0159] At a step (v), when it is below distance with two or more prototypes, it collects into one.

[0160] At a step (vi), if renewal of the location of a prototype decreases, or if it becomes a suitable count, it will end. Except it, it returns to an above-mentioned

step (ii), and processing is started again.

[0161] In addition, the situation of the clustering to an input image is shown in drawing 18 . In the example shown in drawing 18 , the beige field memorized beforehand is analyzed and the case where the body on detection and the production of the direction in which a finger is present very is being shown is shown. For example, this information is used in the below-mentioned joint cautions (Shared Attention).

[0162] (4-2-1-2) Mold analysis (Shape Analysis)

Mold analysis (Shape Analysis) is performed using the fourier descriptor (FD) which are magnitude and rotational universality characteristic quantity. For example, in this mold analysis, categorizing uses L2 norm in the space (64 dimensions) of Fourier Descriptor. It determines whether to express the inputted body in FD space and use it as a new prototype using distance with the nearest prototype. In addition, the result of the shape analysis of the body cut down by color segmentation is shown in drawing 19 .

[0163] (4-2-1-3) Utterance recognition (Speech Recognition)

The continuation utterance recognition using HMM as utterance recognition (Speech Recognition) is used. There is a technique advocated in the above-mentioned reference 5 as this technique.

[0164] This system is equipped with the voice input section 171, the HMM

register 172 equipped with two or more HMM(s), HMM173 for an unknown word input, and a comparator 174 as shown in drawing 20 .

[0165] HMM of the HMM register 172 is HMM which carried out Japanese phoneme study, and the required word is registered beforehand. Moreover, that by which the word gained in late-coming is learned is also contained in HMM of the HMM register 172. Here, a noun, a verb, etc. are mentioned as a word gained, for example or it was registered. The inputted phoneme sequence is evaluated as reliability in HMM of such a HMM register 172.

[0166] HMM173 for an unknown word input is HMM for unknown word acquisition. As shown in drawing 21 , this HMM173 for an unknown word input made all the phoneme models the State, and has combined them with all the phoneme State. For example, HMM173 for an unknown word input is recognized as "booru", when the utterance input "bouruu" is made, as shown in drawing 21 .

[0167] Although the inputted phoneme sequence is evaluated in HMM of the word already registered or gained, and this HMM173 for an unknown word input, distance with HMM which matched max using reliability (verification value) is evaluated in a comparator 174 at this time. And if it is beyond a value with reliability (verification value), a label new as a new phoneme sequence will be attached, and it will be registered as HMM of the HMM register 172.

[0168] As an example, the HMM register 172 explains the case where it has only

that into which the two words "tomare" (stop) and "kere" (kick) are registered as HMM. The result at the time of using such a system is shown in drawing 22 .

[0169] In drawing 22 , the value of the reliability (verification) of the input signal over the registered word is shown in right-hand side. In addition, the value of reliability of this reliability (verification) is so high that it is low.

[0170] For example, it presumes that a system is the input of the phoneme sequence of "tomoare" to the utterance "tomare", and the value of the reliability (verification) is 0.136.

[0171] On the other hand, the model which suits from a top most to the input of the unknown word the 3rd "booru" (ball), in drawing 22 is "tomare", 4.835 and since it is very large, a new symbol called unknown-1 is assigned and the reliability (verification) is registered for it. Thereby, to the utterance input of "booru" (ball) which shows a system from a top to the 4th in drawing 22 which is a next utterance input, HMM corresponding to unknown-1 takes a value with as small most near and its reliability (verification) as 0.41, and "booru (ball)" comes to be correctly gained by unknown-1.

[0172] Moreover, in this system, since HMM is possible for continuation utterance recognition, it is supposed following label unknown-1 to "booru" previously gained from the top to "booru kere" in drawing 22 like the 7th utterance that it is possible to recognize a symbol called kere.

[0173] the system of such utterance recognition -- for example, it can kick and rich -- having -- etc. -- it is . It will be "ball if the noun a "ball" is gained. It can kick and robot equipment 1 can kick a ball now with the instruction " .

[0174] (4-2-1-4) Feeling section (Emotion Part)

The relation of the action (subsystem) relevant to an internal state (Internal Variables) and it is shown in drawing 23 .

[0175] It referred to the physiology model of feeding behavior etc., and this example defines that quantity to be stored as an internal state supposing an imagination in-the-living-body nutrition storage buffer and the buffer for elimination for general internal-state maintenance. They are the amount and Fake of Energy-2 (false food, Fake Food). It is the amount of excrement (excrement).

[0176] For example, he is trying for reduction of an imagination, stomach quantity to be stored to bring about the increment in quantities to be stored, such as an imagination bladder, by associating the imagination stomach (in-the-living-body nutrition storage buffer), an imagination bladder, or intestines (buffer for elimination), as shown in drawing 24 .

[0177] As shown in drawing 23 , it has dynamics which increase or decrease by a certain factor. Fundamental actuation of the motivation generation section (Motivation Creator) will raise the motivation (Motivation) of an action group

(subsystem), in order to maintain this internal-state variable at a certain tolerance.

[0178] Moreover, although it is thought that false food and water (Fake) are mounted mainly in the purpose of the enjoyableness (Entertainment) of robot equipment 1, the inner state variable equivalent to the electrical and electric equipment Energy in original semantics and fatigue also exists. The increment and reduction factor which these also show to drawing 23 constitute dynamics, and the motivation generation section (motivation creator) of a corresponding subsystem (subsystem) is made as [give / so that this may be kept constant / the motive of action]. However, when it does not have such automatic-battery-charge action, robot equipment 1 issues the action which requires it about charge, and it is made to have the others (human being) charge it, although automatic-battery-charge action with which robot equipment 1 equips the so-called charging equipment as autonomous action is also considered.

[0179] Moreover, the same internal-state variable is prepared also in the information acquired by associative storage. By associative storage, the internal acquisition amount of information of imagination semantics is calculated, and it is sent. In this case, without oblivion, although it is only that the amount of internal information of associative storage increases, it is not necessary to

mount oblivion. The easy dynamics of an increment factor and a time reduction factor are built for the integral of each amount of information of suitable time amount within the limits, and the motive of an information acquisition action subsystem is constituted.

[0180] (4-2-1-5) The memory section for study (Associative Memory Part)

The concrete configuration of the memory 140 for study (Associative Memory) which robot equipment 1 uses for information acquisition is shown in drawing 25 . The memory 140 for study is equipped with the ** memory 182 and the ** memory 183 for cautions the memory 181 for short periods, and over a long period of time, as shown in drawing 25 . As shown in drawing 12 , specifically, it has this memory 140 for study.

[0181] The memory 140 for study (Associative Memory) functions by such configuration as the storage section which has one identifier in a certain color and a certain form, and functions further as the storage section of what kind of semantics the very thing has to the inner condition of robot equipment 1.

[0182] In the memory 181 for short-term memory (Short Term Memory, STM), the information on eclipse ***** with an ID number in an image is stored. At this time, the information on objective is the information on the prototype number (CP-i) of a color, and the prototype number (SP-j) of a configuration. Moreover, the word sequence for one utterance inputted from speech processing is

inputted into the memory 181 for short periods (Short Term Memory).

[0183] The data from an image are sent to the action generation section (Behavior Generator) 150, as an objective name (HMM-k) and the effect (Delta-I) on an internal state are obtained by considering the prototype number (CP-i) of a color, and the prototype number (SP-j) of a configuration as an input, it considers as a bundle and these are shown in drawing 12 . When an objective name (HMM-k) and the effect (Delta-I) on an internal state are not obtained, that is sent by carrying out in null (nil) information. Utterance data are sent to the action generation section (Behavior Generator) 150 as it is.

[0184] On the other hand, although action (Action) and its object object (Obj-ID) are chosen in the action selection section (Action Selection) 116, this information is sent to the memory 140 for study (Associative Memory) from the action state machine (Behavior State Machine) mentioned later. The information corresponding to this object object (Obj-ID) is stored in the ** memory 183 for cautions (Attention Object Memory, AOM) from the memory 181 for short periods (ShortTerm Memory). In addition, the uttered word sequence which is then contained in the memory 181 for short periods (Short Term Memory) is sent to the ** memory 183 for cautions (AttentionObject Memory) as it is.

[0185] Timing of study to the ** memory (Long Term Memory) 182 is performed considering internal-state change as a trigger over a long period of time which

functions as original memory for study (Associative Memory) from the ** memory 183 for cautions (Attention Object Memory). Thereby, when carrying out a certain action to a certain object (Object), and an internal state changes, it relates with the object and internal-state change is memorized.

[0186] (4-2-1-6) Action generation section (Behavior Generation Part)

Here, the information acquisition action subsystem of the subsystems which specify action of robot equipment 1 is explained. As shown in drawing 26 , it is constituted information acquisition action subsystem 151n as what has a layered structure.

[0187] One software object (software object) exists in the subsystem layer of action.

[0188] If it separates from the range where the above-mentioned amount of 1st order-internal storages is suitable, the motivation generation section (Motivation Creator) 101 of this software object (software object) is constituted so that a motivation value (motivation value) may be outputted.

[0189]

[Equation 4]

$$MC_val = 1 - \tanh (Int_val) + \varepsilon \quad \dots (4)$$

[0190] On the other hand, the release mechanism (Release Mechanism) 102 is made by investigating the object (Object) sent from the memory 140 for study (Associative Memory). By the release mechanism (Release Mechanism) 102, the consciousness (release) factor about pointing by the thing and human being of current strangeness is taken into consideration. Here, for example, a consciousness factor is the effect (Act:Delta-I) of the identifier (Obj:Name) of an object (Object), the identifier (Color:Name) of Color, the identifier (Shape:Name) of Shape, and the internal-state change on the object (Object).

[0191] The release mechanism (Release Mechanism) 102 creates a release signal (Release signal), if the informational definition is not made by what was obtained as a consciousness factor. And as what accumulated the number of the undefined to one object, the value of the release signal (release signal) which the release mechanism (Release Mechanism) 102 outputs corresponds to the body, and is determined as it. For example, it can also be aimed only at the identifier (Obj:Name) of an object, and the effect (Act:Delta-I) on internal-state change.

[0192] And the release mechanism (Release Mechanism) 102 evaluates a release signal (release signal) to the object which exists, chooses an object with the biggest value, and outputs ID which specifies the selected object (Obj), and a release signal (release signal).

[0193] For example, when an apple specifies as an object, to robot equipment 1, the mold and color are analyzed using mold analysis and color segmentation which were mentioned above, and the identifier (Color:Name) of Color as a consciousness factor and the identifier (Shape:Name) of Shape are evaluated to it. When the apple is registered beforehand, it considers also as what has a high evaluation value, and is obtained, and it is recognized that an object is an apple by this. And ID which specifies the apple used as the selected object, and the release signal (releasesignal) at that time are outputted. Moreover, when the apple is not registered beforehand, the number of undefined is accumulated and this is made to correspond to the apple as a strange object.

[0194] On the other hand, about pointing by human being, the release mechanism (Release Mechanism) 102 is set up so that a still bigger release signal (release signal) may be generated. And the release mechanism (Release Mechanism) 102 is generating the release signal (release signal) irrespective of whether the body is strange or it is known, when the body detection by pointing is made. This is based on the idea of making it take ascertainment behavior to a known thing or pointing is a demand of information acquisition or an information check and wants to make information acquisition action clearly attracted from human being, without being greatly dependent on an internal state.

[0195] And in information acquisition action subsystem 151n, what carried out

the multiplication of this release signal (release signal) and the motivation value (motivation value) is obtained as an action evaluation value (behavior value). Moreover, in each of other subsystem (subsystem) which specifies Eating etc., an action evaluation value (behavior value) is similarly acquired using the release signal (release signal) inputted into information acquisition action subsystem 151n, and a motivation value (motivation value).

[0196] And in the action selection section 116, the action evaluation value (behavior value) from each subsystem (subsystem) is compared, and it is chosen as a subsystem which a subsystem (subsystem) with the biggest action evaluation value (behavior value) performs. By explanation, it becomes the case where the action evaluation value (behavior value) in information acquisition action subsystem 151n is made max by the comparison of such an evaluation value, by *****.

[0197] In addition, although it is necessary to continue choosing the selected subsystem (subsystem) for a while, this can realize it according to mutual inhibition, a fatigue factor (fatigue factor), etc.

[0198] If information acquisition action subsystem 151n is chosen, as shown in drawing 26 , it will progress to the hierarchy called Mode (Mode) MD next. In Mode (Mode) MD, similarly, although informational selection processing is made, specifically in the mode (Mode), the body according [selection of the upper

layer] to pointing and the body chosen itself, i.e., a strange body, and ** are distinguished. In this mode (Mode) MD, if distinction is made, as shown in drawing 26 , the evaluation to concrete action will be made in the layer called module (Module) MJ used as that lower layer. Based on this evaluation, selection of concrete action is made in the action selection section 116.

[0199] Thereby, robot equipment 1 will come to take the ascertainment behavior, if an object is a known thing, and if an object is strange, it will come to take acquisition action. For example, information acquisition action investigates the object of a subsystem (subsystem) which gave maximum evaluation by the way, when two kinds of information acquisition is made under the identifier (Obj:Name) of an object, and the effect (Act:Delta-Int) on internal-state change, and either can be chosen.

[0200] For example, as processing in the case of performing ascertainment behavior, an instruction is sent to the state machine corresponding to the ascertainment behavior, and ascertainment behavior of the identifier is performed. and -- while robot equipment 1 carries out visual tracking (Visual Tracking) for the body which human being put with the finger -- approaching -- and the body -- a finger -- putting -- namely, the nose gear -- putting -- " -- this is XX -- actions like, such as ?", are made to express Such action is realized by controlling by the state machine the action sequence which specifies such action

was described to be.

[0201] As processing in the case of carrying out acquisition action of the identifier (Obj:Name) of an object, it is sent to the state machine for acquisition of the identifier (Obj:Name) of the object with which the output corresponds. It approaches carrying out visual tracking (Visual Tracking) to the object, a finger is put, and the action "identifier ? called what in this" is made to express in acquisition action of the identifier (Obj:Name) of an object. Moreover, suitable behavior control is made using distance with an object at this time. Such action is realized by controlling by the state machine the action sequence which specifies such action was described to be.

[0202] And if there is a thing effective in an output from the utterance recognition section which followed "identifier ? called what in this", and was inputted, a state machine which repeats and checks the phoneme sequence is also incorporable.

[0203] On the other hand, if the acquisition action under the effect (Act:Delta-Int) on internal-state change, i.e., the acquisition action to the strange object based on internal-state change, is chosen, the object is received, and action of shoes will be chosen at random and will be performed. And associative storage estimates the effect (Delta-Int) on internal-state change then produced. Thereby, since this object relates (Grounding) and is made into an internal state, the effect on the internal-state change to a new object comes to be made as semantic

acquisition.

[0204] For example, when an apple is seen and an internal state changes to "***" then, change of the internal state is made to correspond to the apple which is an object. Henceforth, it means that robot equipment 1 makes an apple **, and comes to carry out semantic interpretation, and semantic acquisition of an apple was made in robot equipment 1 by this. As mentioned above, by applying this invention, robot equipment 1 can make information acquisition action able to express as a part of autonomous action, can perform the joint cautions as optimal behavior, and can acquire the semantics of the strange object acquired as change of an internal state in still such information acquisition action. thereby -- robot equipment 1 -- more -- LIFE -- being -like (Life-like) -- it was brought close.

[0205] In addition, therefore, implementation of application of this invention to robot equipment 1 which was mentioned above is enabled with software.

[0206]

[Effect of the Invention] The robot equipment concerning this invention can express information acquisition action as 1 action of autonomous action by having the behavior control means to which information acquisition action is carried out as 1 action of autonomous action.

[0207] Moreover, when the behavior control approach of the robot equipment

concerning this invention carries out information acquisition action as 1 action of autonomous action of robot equipment, robot equipment can express information acquisition action as 1 action of autonomous action.

[0208] Moreover, the robot equipment concerning this invention can acquire the semantics of an object now by having a semantic acquisition means to acquire the semantics of an object.

[0209] Moreover, by gaining change of an internal state when, as for the behavior control approach of the robot equipment concerning this invention, the robot equipment which is acting based on the internal state carries out action to an object as semantics of the object concerned, robot equipment can act based on an internal state, and can gain change of the internal state when carrying out action to an object as semantics of the object concerned.

[0210] Moreover, two or more word sequence description models classified based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of the robot equipment concerning this invention speaking with a voice input means, By having an utterance input evaluation means to evaluate the utterance input made by the voice input means based on the word sequence description model, and a word sequence specification means to specify the word sequence of an utterance input based on the evaluation value of an utterance input evaluation means Based on two or more word sequence description models classified

based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of speaking, an utterance input evaluation means estimates the utterance input made by the voice input means. Based on the evaluation value of an utterance input evaluation means, the word sequence of an utterance input can be specified with a word sequence specification means. Thereby, robot equipment can specify the inputted utterance as optimal word sequence.

[0211] Moreover, the behavior control approach of the robot equipment concerning this invention The utterance input evaluation process of evaluating the utterance input made at the voice input process and the voice input process based on two or more word sequence description models classified based on the characteristic quantity of the word sequence at the time of speaking, Robot equipment can specify the inputted utterance as optimal word sequence by having the word sequence specification process of specifying the word sequence of an utterance input, based on the evaluation value acquired at the utterance input evaluation process.

[0212] Moreover, the robot equipment concerning this invention can carry out action indicating the study object of self by having the control means which carries out behavior control indicating the study object of self. Thereby, come to let the joint cautions between robot equipment and a user be a positive thing.

[0213] Moreover, when the behavior control approach of the robot equipment

concerning this invention controls action of robot equipment so that the robot equipment which carries out autonomous action points to the study object of self, robot equipment can carry out action indicating the study object of self. Thereby, come to let the joint cautions between robot equipment and a user be a positive thing.

[0214] Moreover, the sensor by which the robot equipment concerning this invention detects an object and the evaluation section for consciousness which evaluates the input signal from a sensor, By inputting the evaluation result of the evaluation section for consciousness, and having a storage means to memorize the relation between the internal-state Management Department which manages the false internal state which changes based on the evaluation result concerned, and change of the internal state based on an object and the object concerned When an object is detected, the change and the above-mentioned object of the above-mentioned internal state based on the detected object are related, and it can memorize for the above-mentioned storage means.

[0215] Moreover, the behavior control approach of the robot equipment concerning this invention The consciousness evaluation process of evaluating the input signal from the sensor which detects an object, By having the internal-state management process of managing the false internal state which changes based on the evaluation result in a consciousness evaluation process,

and the storage process which memorizes relation with change of the internal state based on an object and the object concerned for a storage means When an object is detected, robot equipment relates the change and the above-mentioned object of the above-mentioned internal state based on the detected object, and can be memorized for the above-mentioned storage means.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view showing the appearance configuration of the robot equipment which is the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the circuitry of above-mentioned robot equipment.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the software configuration of above-mentioned robot equipment.

[Drawing 4] It is the block diagram showing the configuration of the middleware layer in the software configuration of above-mentioned robot equipment.

[Drawing 5] It is the block diagram showing the configuration of the application layer in the software configuration of above-mentioned robot equipment.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the configuration of the behavioral model library of an above-mentioned application layer.

[Drawing 7] It is drawing used in order to explain the finite stochastic automaton used as the information for the action decision of robot equipment.

[Drawing 8] It is drawing showing the state transition table prepared for each node of a finite stochastic automaton.

[Drawing 9] It is the block diagram showing the configuration section which chooses action.

[Drawing 10] It is the block diagram showing the configuration section which chooses action by consciousness.

[Drawing 11] It is drawing showing the example of a subsystem.

[Drawing 12] It is the block diagram showing the more concrete configuration section of a configuration of choosing action.

[Drawing 13] Robot equipment is the flow chart which shows a series of procedures until it expresses information acquisition action or information ascertainment behavior by joint cautions.

[Drawing 14] It is drawing showing the configuration of the network system containing robot equipment.

[Drawing 15] It is drawing used for the explanation about the color segmentation of the input image which consists of a single color of arbitration.

[Drawing 16] It is drawing used for the explanation about the color segmentation of the input image with which human being was contained.

[Drawing 17] It is drawing used for explanation of clustering of color segmentation.

[Drawing 18] It is drawing showing the situation of clustering of an input image.

[Drawing 19] It is drawing showing the result of the appearance analysis started by color segmentation.

[Drawing 20] It is the block diagram showing the configuration section which realizes utterance recognition.

[Drawing 21] It is drawing showing the example of a configuration of HMM for an unknown word input.

[Drawing 22] It is drawing showing the result of utterance recognition.

[Drawing 23] It is drawing showing the information about an internal state.

[Drawing 24] It is drawing showing relation, such as the imagination stomach and an imagination bladder.

[Drawing 25] It is the block diagram showing the configuration of the memory for study.

[Drawing 26] It is drawing showing processing until it expresses the information acquisition action or information ascertainment behavior by joint cautions from the information based on an external stimulus and an internal state.

[Description of Notations]

1 Robot Equipment, 10 CPU, 101 Motivation Generation Section, 102 Release Mechanism, 103 Evaluation Section of Operation, 111 Consciousness Section, 112 Internal-State Section for Consciousness, 113 Internal-State Section, 114 Emotion Section, 115 Subsystem, 116 Action Selection Section, 140 Memory

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.